



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TÉSIS DE MASTER

Master

**Master universitario en Ingeniería Estructural y de la
Construcción**

Título

**Estudio de los costes de no calidad en una
empresa constructora.**

Non quality costs in construction companies.

Autor

José Ramón Pazos Fernández

Tutor

Dra. Nuria Forcada Matheu

Intensificación

CONSTRUCCIÓN


Fecha

Febrero 2013

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Núria Forcada, mi tutora en este trabajo, por su apoyo, dedicación, paciencia y sobretodo ánimos.

A todas aquellas personas que me han proporcionado su apoyo a lo largo de todo este tiempo.



La economía de la construcción resulta de la cantidad de buenos artículos que podemos ofrecer a bajo precio. Lo mismo resulta en cualquier economía -la relación entre la calidad del producto y el precio del mismo. Pero, si prescindimos de la calidad del producto, la totalidad de la economía no tiene sentido en ningún terreno, y lo mismo ocurre con la arquitectura.

Alvar Aalto

RESUMEN

El coste de no calidad en las empresas constructoras es uno de los problemas más graves que lastran hoy en día a este sector, frenando el desarrollo y la competitividad de las empresas.

Para llevar a cabo la prevención racional de defectos, es necesario tener conocimientos acerca de los defectos, sus causas y los costes asociados.

El presente estudio tiene por objeto explicar el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de una empresa constructora, como se registran las No conformidades (NC) y la descripción de la información recopilada, paralelamente se describen las frecuencias de cada valor (medias, % de cada tipo de obra, etc.) y una comparativa entre unos parámetros y otros con la intención de proponer un modelo de predicción de costes.

Los datos de partida del estudio son un total de 45 obras diferentes entre Utes y obras en la que la empresa estudio es la contratista única. Estas obras son Obras Públicas (Ferroviarias, Hidráulicas, Marítimas, Medio Ambientales, Urbanismo, Viales) y de Edificación (Institucional, Residencial, Industrial), además son de sectores tanto Público como Privado y de todos los ámbitos geográficos (Local, Autonómico, Nacional e Internacional).

El estudio parte de la planificación en la elección de las obras, el análisis de las no conformidades documentadas en cada obra, extraer los datos de forma estructurada más relevantes y determinar, así como mostrar las causas o motivos de las no conformidades. A partir de estos datos se enfoca el estudio en la asociación entre las particulares variables que definen y diferencian cada una de las obras con el coste asociado así como la aproximación de un modelo predictivo de costes en función de los datos de los que se disponen.

Además supone la revisión del sistema evaluando el estado actual de desarrollo e implantación del Sistema de Gestión de Calidad, Prevención y Medio Ambiente de la empresa a partir de:

- Análisis de los datos de partida.
- Análisis de los resultados estadísticos.
- Acciones encaminadas a la mejora continua del sistema y a la solución de las desviaciones detectadas.
- Exposición de unas breves conclusiones.

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	12
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Definición del problema.....	2
1.2. Objetivo.....	3
1.3. Alcance.....	3
1.4. Organización del trabajo realizado.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Concepto de calidad.....	4
2.2. Línea de tiempo de la evolución de la calidad.....	6
2.3. Concepto de costes de calidad.....	9
2.4. Clasificación de costes de calidad.....	12
2.4.1. Costes de calidad:.....	13
2.4.2. Costes de no calidad:.....	13
3. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	15
3.1. Reseña histórica.....	15
3.2. Política de calidad y medio ambiente.....	17
3.3. Sistema de gestión de calidad y medio ambiente.....	19
3.3.1. Alcance del Sistema de Gestión y exclusión permitida.....	19
3.3.2. Composición del sistema.....	19
3.3.3. Funciones y responsabilidades.....	20
3.3.4. Documentos que integran el Sistema de Calidad y Medio Ambiente.....	20
3.4. La orientación hacia la calidad total.....	27
3.5. Tratamiento de No conformidades.....	28
3.6. Acciones correctivas y preventivas.....	29
3.7. Auditorías internas.....	30
4. DEFINICIONES.....	31
5. PROCEDIMIENTO GENERAL DE NO CONFORMIDADES Y ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS.....	34
5.1. Objeto.....	34
5.2. Alcance.....	34
5.3. Referencias.....	35
5.4. Responsabilidades.....	35
5.5. Desarrollo.....	36
5.5.1. Tratamiento de no conformidades.....	36
5.5.1.1. Identificación y comunicación.....	36
5.5.1.2. Determinación del Alcance y Gravedad de la No Conformidad.....	36
5.5.1.3. Análisis de posibles soluciones para resolver la no conformidad.....	38
5.5.1.4. Aprobación de las disposiciones a adoptar.....	39
5.5.1.5. Adopción de las disposiciones aprobadas.....	39
5.5.1.6. Comprobación de las disposiciones y cierre de la no conformidad.....	39
5.5.2. Acciones correctivas.....	40
5.5.2.1. Documentación de las acciones correctivas.....	40
5.5.2.2. Identificación de las posibles causas.....	40
5.5.2.3. Selección de las acciones correctivas.....	41
5.5.2.4. Aprobación de las acciones correctivas.....	41
5.5.3. Acciones preventivas.....	41

5.6. Registros	42
6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.	43
6.1. Diseño y tipo de estudio.....	43
6.2. Población y muestra.....	43
6.2.1. Población.	43
6.2.2. Muestra.	43
6.3. Recogida de información.....	43
6.3.1. Obras en estudio.....	44
6.3.2. No conformidades en estudio.	52
6.4. Análisis de la información.	54
6.4.1. Análisis de no conformidades.....	54
6.4.2. Relación entre las causas de las N.C. y variables cualitativas.....	59
6.4.2.1. Causas de N.C. y Tipo de Empresa	60
6.4.2.2. Causas de N.C. y Tipo de Construcción	62
6.4.2.3. Causas de N.C. y Tipo de Obra	63
6.4.2.4. Causas de N.C. y Tipo de Sector	64
6.4.2.5. Causas de N.C. y Ámbito Geográfico.....	65
6.5. Análisis estadístico	66
6.5.1. Estudio de correlaciones entre variables cuantitativas	66
6.5.1.1. Test de normalidad. Kolmogorov-Smirnov	67
6.5.1.2. Matriz de correlaciones.....	69
6.5.1.3. Interpretación de los resultados	72
6.5.1.4. Gráficos de dispersión	74
6.5.2. Estudio de la relación entre variables cualitativas y cuantitativas.....	77
6.5.2.1. Variables Dicótomicas.....	77
6.5.2.2. Variables Politémicas	80
6.5.2.3. Interpretación de los resultados	84
6.5.3. Modelo de Predicción de Costes de No Conformidades	84
6.5.3.1. Regresión lineal con variables cuantitativas.....	85
6.5.3.2. Regresión lineal con variables cualitativas.....	89
6.5.3.3. Regresión lineal con variables cuantitativas y cualitativas, obtención del modelo predictivo.....	91
7. CONCLUSIONES.....	96
8. ANEJOS.....	98

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

Índice de Tablas

Tabla 1. Evolución del concepto de la calidad	5
Tabla 2. Referencias de autores sobre costes de calidad.	11
Tabla 3. Importancia de los costes de calidad	12
Tabla 4. Correspondencia entre Normas ISO 9001 e ISO 14001 y capítulos del manual de Calidad y Medio Ambiente	21
Tabla 5. Procedimientos generales y de soporte del SGC	22
Tabla 6. Obras en estudio. Datos descriptivos generales.	44
Tabla 7. Obras en estudio. Datos económicos	48
Tabla 8. Obras en estudio. Datos de las No Conformidades por Obra	51
Tabla 9. Número de N.C. por año	54
Tabla 10. Acciones correctoras	58
Tabla 11. Tablas de contingencia. Resumen de casos	60
Tabla 12. Tabla de contingencia causa de N.C. y Tipo de Empresa	61
Tabla 13. Tabla de contingencia causa de N.C. y Tipo de Construcción	62
Tabla 14. Tabla de contingencia causa de N.C. y Tipo de Obra	63
Tabla 15. Variables Cuantitativas. Estadísticos descriptivos.	68
Tabla 16. Variables Cuantitativas. Prueba de Normalidad.	68
Tabla 17. Variables Cuantitativas. Resumen Test de normalidad.	69
Tabla 18. Variables Cuantitativas. Coeficiente de correlación de Pearson	70
Tabla 19. Variables Cuantitativas. Coeficiente de correlación de Spearman	70
Tabla 20. Variables Cuantitativas. Matriz de correlaciones	71
Tabla 21. Variables Cualitativas Dicotómicas. Prueba de Normalidad 1.	77
Tabla 22. Variables Cualitativas Dicotómicas. Prueba de Normalidad 2.	77
Tabla 23. Variables Cualitativas Dicotómicas. Prueba de Normalidad 3.	78
Tabla 24. Variables Cualitativas Dicotómicas. Estadísticos descriptivos	78
Tabla 25. Variables Cualitativas Dicotómicas. Test de Mann-Whitney 1.	79
Tabla 26. Variables Cualitativas Dicotómicas. Test de Mann-Whitney 2.	79
Tabla 27. Variables Cualitativas Dicotómicas. Test de Mann-Whitney 3.	80
Tabla 28. Variables Cualitativas Politómicas. Prueba de Normalidad 1.	81
Tabla 29. Variables Cualitativas Politómicas. Prueba de Normalidad 2.	81
Tabla 30. Variables Cualitativas Politómicas. Prueba de Normalidad 3.	81
Tabla 31. Variables Cualitativas Politómicas. Estadísticos descriptivos	82
Tabla 32. Variables Cualitativas Politómicas. Test de Kruskal-Wallis 1.	82
Tabla 33. Variables Cualitativas Politómicas. Test de Kruskal-Wallis 2.	83
Tabla 34. Variables Cualitativas Politómicas. Test de Kruskal-Wallis 3.	83
Tabla 35. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Estadísticos descriptivos.	85
Tabla 36. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Variables eliminadas.	86
Tabla 37. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Resumen del modelo	86
Tabla 38. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Coeficientes de la ecuación predictiva	86
Tabla 39. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Diagnósticos de colinealidad	87
Tabla 40. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Estadísticos descriptivos (bis).	87
Tabla 41. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Variables eliminadas (bis).	88
Tabla 42. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Resumen del modelo (bis).	88
Tabla 43. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Coeficientes de la ecuación predictiva (bis)	88
Tabla 44. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Diagnósticos de colinealidad (bis)	88
Tabla 45. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Estadísticos descriptivos	90
Tabla 46. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Correlaciones	90
Tabla 47. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Variables introducidas/eliminadas	90
Tabla 48. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Resumen del modelo	90
Tabla 49. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Variables excluidas	91
Tabla 50. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Coeficientes de la ecuación predictiva	91
Tabla 51. Modelo predictivo. Estadísticos descriptivos.	92
Tabla 52. Modelo predictivo. Variables introducidas/eliminadas.	93
Tabla 53. Modelo predictivo. Ajuste del Modelo.	93

Tabla 54. Modelo predictivo. Coeficientes de la ecuación predictiva.	94
Tabla 55. Modelo predictivo. Tabla de resultados	95

Índice de Figuras

Figura 1. Gráfico de Evolución de la calidad	6
Figura 2. Organigrama general de la empresa	16
Figura 3. Mapa de procesos de la empresa	20
Figura 4. Clase de Obra	45
Figura 5. Tipos de Obras Públicas	45
Figura 6. Tipo de Edificación	46
Figura 7. Tipo de Sector	46
Figura 8. Ámbito geográfico	47
Figura 9. Gráfico tipo de contratación UTES vs. ÚNICA (%Participación en UTES)	49
Figura 10. Gráfico de Importes de Adjudicación Inicial y Actualizado.	50
Figura 11. Incidencia N.C.	52
Figura 12. Número de No Conformidades por Año	54
Figura 13. Evolución del número de N.C. por año y tipo.	55
Figura 14. Motivos de las No Conformidades	55
Figura 15. Evolución motivo de las N.C.	56
Figura 16. Diagrama de dispersión. Número de NC – Coste de las NC	74
Figura 17. Diagrama de dispersión. Presupuesto de adjudicación inicial – Coste de las NC	74
Figura 18. Diagrama de dispersión. Presupuesto de adjudicación actualizado – Coste de las NC	75
Figura 19. Diagrama de dispersión. Margen de tiempo inicio – Coste de las NC	75
Figura 20. Diagrama de dispersión. Plazo de ejecución inicial – Coste de las NC	76
Figura 21. Diagrama de dispersión. Plazo de ejecución real– Coste de las NC	76



1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la calidad en los productos es tal que se han generado estandarizaciones y normalizaciones, como las normas de calidad ISO y OSHAS, las cuales certifican ciertos estándares de calidad en la producción.

Desde las materias primas hasta el servicio de posventa, la calidad ha abarcado todos los aspectos productivos de una empresa, tomándose como otro elemento más de la productividad y de los costos que atañen a los productos finales.

El concepto de calidad ha evolucionado hasta convertirse prácticamente en sinónimo de satisfacción del cliente: la introducción de un sistema de gestión de la calidad en una organización, pone al cliente como el foco de toda su actividad. Este concepto, por ejemplo, esta en los orígenes de la "International Organization for Standardization" (I.S.O., 2008) que define la calidad como el "grado en que un conjunto de características inherentes (a un producto o servicio) cumple con los requisitos", destacando que dentro de estos requisitos, las necesidades y expectativas de los clientes cobran un rol fundamental.

Implantar un Sistema de Gestión de la Calidad significa establecer las leyes de la organización. La gestión de la organización se efectúa sobre la base de un plan predefinido, es decir: la organización decide cómo quiere trabajar, y trabaja según dicho plan. Este plan pretende unificar métodos y criterios para obtener los resultados esperados, que son, obtener la satisfacción de los clientes y mejorar continuamente la eficacia de la organización. La situación actual de los sistemas de gestión, no sólo de los sistemas de gestión de la calidad, es fruto de una evolución que se remonta más de 50 años atrás. Con el tiempo, no sólo las normas actuales evolucionarán, sino que además aparecerán nuevos estándares de gestión que hoy en día están en los "laboratorios de ideas" de los organismos de normalización y otras organizaciones. Hay que tener en cuenta que la normalización es un aspecto impulsado por diversos agentes de la sociedad; cuya aceptación, importancia, y aplicación se está extendiendo a todos los niveles, por lo que no parece previsible una disminución de la actividad normativa sino todo lo contrario.

La Industria de la Construcción tiene una relación estrecha con la actividad económica en general, con la inversión del sector público y la capacidad de compra de la población. Una revisión extensa de la literatura demuestra que, hasta ahora, sólo algunas publicaciones se han escrito en el contexto de la construcción, de cómo los costes de la calidad podrían ser determinados (Aoieong et al, 2002). Un conocimiento adecuado y detallado de los costes de la calidad proporciona una herramienta de vital importancia en un proceso de mejora continua hacia la calidad en una empresa. De esta manera, se puede proporcionar a la administración de una empresa constructora en el



lenguaje que maneja, términos de dinero, información relacionada a la calidad y productividad. Igualmente se puede cambiar la forma en que la dirección de la empresa y los empleados, piensan acerca de las fallas de la producción; es decir, se conoce las consecuencias de malas prácticas, así como sus repercusiones en las utilidades de la propia empresa (Dzul, 2004).

La industria de la construcción, entre otras razones, por su carácter nómada, porque cada proyecto difiere con otro, porque sus participantes (diseñadores, propietarios, contratistas, etc.) difieren con cada proyecto y porque cada sitio de proyecto tiene características diferentes; supone muchas incertidumbres acerca de cuáles serán los resultados reales obtenidos en cada proceso si se compara con otras industrias (Ardity y Murat, 1997), y en consecuencia, supone un mayor número de riesgos de fallo o eventos negativos que muchas otras industrias (Flanagan y Norman, 1993).

1.1. Definición del problema

En la industria de la construcción, recientemente se inicio el reconocimiento del potencial de la gestión de los costes de la calidad (Hall y Tomkins, 2001). Diversos estudios sobre estos costes, han sido realizados en los Estados Unidos de América (Davis et al., 1989; Burati et al., 1992), en Australia (Love et al., 1999b; Love and Li, 2000a), en Escandinavia (Nylen, 1999 citado por Hall y Tomkins, 2001) y en el Reino Unido (Abdul Rahman, 1996; Barber et al., 2000).

Rework o reproceso (retrabajo) es un factor significativo que contribuye a los excesos de plazo y coste en los proyectos de construcción y teniendo conocimiento de esto los académicos y profesionales han tratado de identificar sus causas (e.g., Burati et al. 1992, Willis and Willis 1996, Barber et al. 2000, Josephson et al. 2002, Love and Smith 2003, Love et al. 2003). Sin embargo, de acuerdo con Love y Edwards (2004) el intrincado "complejo" conjunto interrelacionado de factores (y variables dentro de los factores) que contribuyen a la ocurrencia del rework oculta alguna causa específica y la relación de efectos que puedan existir. Low y Yeo (1998), describieron la importancia de los costes de la calidad en la industria de la construcción a través del alcance que pueden tener, ya que pueden ser extensos; en países como Estados Unidos el coste directo de rework ha sido estimado en más de un 12% de los costes del proyecto; en el Reino Unido alrededor del 95% de los costes de calidad se desembolsan para cuantificar la calidad así como para estimar el coste de los fallos. Los costes de la calidad han sido encontrados en un rango del 5 al 25% de la producción anual de una organización (Love e Irani, 2003). En el caso de la industria de la construcción, Lam et al. (1994, citado por Low y Yeo, 1998) afirmaron que los costes de la calidad estaban entre de 8 a 15 % de los costes de la construcción total, de igual manera se han registrado cifras medias del 12.4% del coste del proyecto (Aoieong et al, 2002). El coste de esos rework o desviaciones (costes de fallos) ha sido encontrados entre el 10 y 15% del

valor de contrato (CIDA, 1994 citado por Love et al., 2000). En países de América Latina, tal es el caso de México, varios estudios, autores y empresas señalan que los costes de calidad representan alrededor del 5 al 25 % sobre las ventas anuales (Horcasitas, 2001).

Por todo lo anterior, la necesidad de desarrollo de herramientas que permitan medir el éxito de la gestión de la calidad en proyectos de construcción se justifica debido a que los costes de la calidad en la industria de construcción, en su totalidad, son relativamente altos, en relación a los costes totales del proyecto.

En este contexto se pueden plantear la siguiente pregunta:

¿Es posible a partir del análisis de las No Conformidades establecer un modelo de predicción de costes de no calidad en una empresa constructora?

¿Podemos predecir que factores influyen en mayor grado y los que no influyen en la aparición de defectos y su coste asociado?

1.2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo de predicción de costes en función de los datos que se disponen de la totalidad de las No Conformidades registradas en una serie de obras de una misma empresa constructora.

A partir del objetivo principal se pueden alcanzar objetivos secundarios:

Analizar las frecuencias de las incidencias de cada obra, sus causas y sus acciones correctoras.

Analizar las correlaciones entre las distintas variables según las características de las obras y el número de No Conformidades, tipo y coste.

1.3. Alcance

En esta investigación se pretende identificar que características comunes de las diferentes obras en estudio tienen una influencia mayor en la aparición de no conformidades. De igual forma se identificarán que campos tienen una asociación directa entre ellos y con el coste de la No Calidad.

Por último se pretende desarrollar un modelo a través de una regresión lineal de la relación entre el coste de la No Calidad como variable dependiente y los diferentes campos como variables independientes.

1.4. Organización del trabajo realizado

En este sentido el trabajo se realizó en varias etapas:



Una primera etapa consistió en la planificación y un estudio del estado del arte a partir de los artículos y estudios realizados por diferentes autores relativos a la cuantificación de las causas y los costes del “rework” en la construcción, la influencia del tipo de construcción en el rework, estudios internacionales de costes relacionados con el rework así como Influencia del tipo de construcción en la Post-Entrega (Los defectos en la Vivienda).

La siguiente etapa consistió en la profundización del Sistema de Gestión de la Calidad de una empresa constructora como caso de estudio.

Posteriormente se plantea la recogida de información de un total de 45 obras. Los datos que se recogen son clasificados en relación a diferentes características y se estructuran en tablas para proceder a su análisis.

A continuación se recopilan un total de 750 No Conformidades documentadas hasta la fecha de las 45 obras en estudio, se analizan y se extraen los datos necesarios para su clasificación con un registro de obras dividiendo la tabla en 45 filas y con 30 campos diferentes dividiendo la tabla en las correspondientes columnas.

2. MARCO TEÓRICO

Con el propósito de sustentar teóricamente el estudio se elabora el marco teórico, ello implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general que se considera válidos para el correcto encuadre del estudio.

2.1. Concepto de calidad

El Control de la Calidad ha sido tratado por diversos autores, desde sus inicios a finales del siglo XIX, que surge la necesidad de ofertar productos con atributos superiores para alcanzar mayores ventas y se comienza con el autocontrol como inicio de un ininterrumpido proceso evolutivo hasta nuestros días. En los pequeños talleres de los artesanos, eran ellos mismos quienes concebían y controlaban la calidad de lo que producían.

El control del trabajo realizado por el ejecutor del producto según sus propios parámetros, con el desarrollo de las pequeñas empresas de producción dio paso a la inspección de la calidad del trabajo realizado, donde se comparaban los requisitos pactados con los clientes con el producto final y se desechaban aquellos que no lograban la conformidad deseada. Estos procesos aunque constituían un avance en su momento, arrojaban pérdidas como consecuencia de la producción defectuosa ya que se analizaban solo los resultados al final de la secuencia productiva.

A continuación se muestra una tabla temporal y un gráfico de la evolución del control de calidad.



Década.	Actividad.	Esencia.
1920	Inspección de la Calidad.	Separación de las unidades buenas de las malas.
1950	Control de la Calidad.	Detección y prevención de los defectos en el proceso de fabricación.
1970	Aseguramiento de la Calidad.	Incorporación del Control de la Calidad en TODAS las actividades de la Organización.
1980	Gestión de la Calidad.	INTEGRAR los esfuerzos de TODOS hacia el logro de la calidad.
1990	Gestión Total de la Calidad.	Extensión del logro de la calidad a todas las actividades que realiza la Organización.
2000-...	Excelencia empresarial.	Aporta una estrategia de gestión global a largo plazo y la participación de todos los miembros de la organización para el beneficio de la propia organización, de sus miembros, de sus clientes y de la sociedad en general.

Tabla 1. Evolución del concepto de la calidad

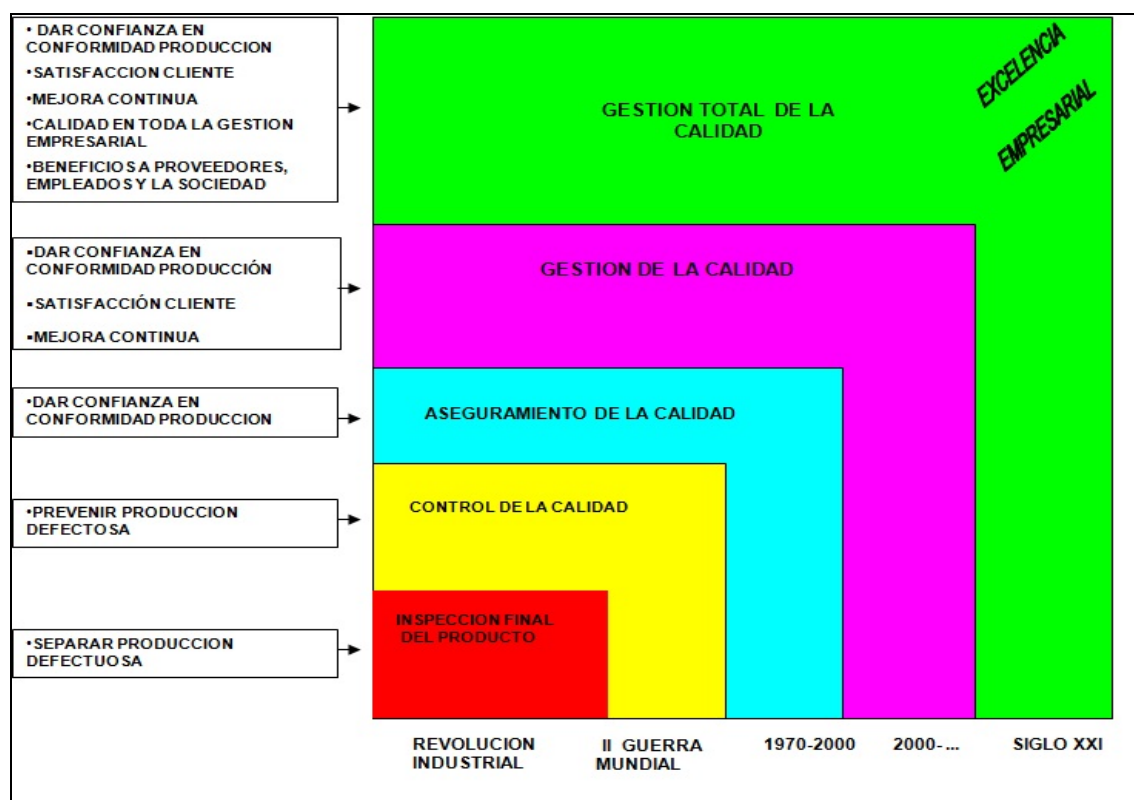


Figura 1. Gráfico de Evolución de la calidad

2.2. Línea de tiempo de la evolución de la calidad

- PRINCIPIO DE ADMINISTRACION CIENTIFICA

1 Jan 1875. Frederick W. Taylor introduce los principios de la Administración Científica para dividir el trabajo en unidades más pequeñas que pueden llevarse a cabo con mayor facilidad, el primer enfoque para abordar los productos y procesos más complejos. El interés se centraba en la productividad.

- LINEA DE ENSAMBLAJE POR HENRY FORD

1 Jan 1900. Henry Ford introduce, con la línea de ensamblaje, un refinamiento adicional en los métodos de trabajo a fin de mejorar la productividad y la calidad; Ford desarrolló conceptos de ensamblaje a prueba de errores, la autoverificación y la inspección dentro del proceso.

- PRIMEROS LABORATORIOS DE ESTANDARES

1 Jan 1901. Se establecen en Gran Bretaña los primeros laboratorios de estándares.



- ASOCIACION DE INSPECCION TECNICA

5 Jun 1920. Se funda en Inglaterra la Asociación de Inspección Técnica; posteriormente se convierte en el Instituto de Aseguramiento de Calidad. Los Laboratorios Bell de AT&T forman un departamento de calidad, centrándose en la calidad, la inspección y las pruebas, y en la confiabilidad del producto. B.P. Dudding emplea métodos estadísticos en General Electric de Inglaterra para controlar la calidad de las bombillas eléctricas.

- W.A. SHEWHART, CUADROS DE CONTROL

5 Jun 1931. W.A. Shewhart publica Economic Control of Quality of Manufactured Product, donde se describen métodos estadísticos para usarlos con los métodos de cartas de producción y control.

- DEMING Y SHEWHART, ESTADOS UNIDOS

5 Jun 1938. W.E. Deming invita a Shewhart a presentar seminarios sobre las cartas de control en la Escuela de Graduados del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

- CARTAS DE CONTROL EN DEPTO DE GUERRA U.S.A

5 Jun 1940. El Departamento de Guerra de Estados Unidos publica una guía para usar cartas de control en el análisis de datos de procesos. Los Laboratorios Bell desarrollan los precursores de los planes de muestreo military standards para el ejército estadounidense.

- CONTROL DE CALIDAD PARA SUMINISTROS, GRAN BRETAÑA

5 Jun 1942. Se funda en Gran Bretaña el Ministerio de Servicios de Asesoría en Métodos Estadísticos y Control de Calidad para Suministros.

- FUNDACION DE ASQC

5 Jun 1946. Se funda la Sociedad Americana de Control de Calidad (ASQC, por sus siglas en inglés) como una fusión de diferentes sociedades de calidad.

- FUNDACION DE JUSE

En 1946 se instituyó la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros) cuyos miembros principales fueron Dr. Kaoru Ishikawa, Shigeru Mizuno y Tetsuichi Asaka.

- TRABAJO ESTADISTICO DE PEARSON

5 Jun 1947. Pearson realiza su trabajo estadístico, se fundan las ISO.

- DEMING EDUCA A LOS JAPONESES

5 Jun 1950. Deming es invitado a dar seminarios de control estadístico de calidad en la industria japonesa. Deming inicia la ecuación de administradores industriales japoneses: se inicia la enseñanza generalizada de los métodos de control estadístico de calidad en Japón.

- PRIMER PREMIO DE CONTROL DE CALIDAD

5 Jun 1951. Se crea el Premio Deming en Japón (primer premio de control de calidad).

- JURAN VISITA JAPON

5 Jun 1954. El Control de Calidad se convierte en herramienta gerencial.

- CIRCULOS DE CALIDAD

5 Jun 1961. Nacen los círculos de calidad, un pequeño grupo de empleados que realizan un trabajo igual o similar en un área de trabajo común, y que trabajan para el mismo supervisor, que se reúnen voluntaria y periódicamente, y son entrenados para identificar, seleccionar y analizar problemas y posibilidades de mejora relacionados con su trabajo, recomendar soluciones y presentarlas a la dirección, y, si ésta lo aprueba, llevar a cabo su implantación.

- CIRCULOS DE CALIDAD EN NORTEAMERICA

5 Jun 1978. Empiezan a aparecer libros sobre experimentos diseñados dirigidos a ingenieros y científicos. Empieza el interés por los círculos de calidad en Norteamérica, el cual crece hasta formar el movimiento de la administración de calidad total (TQM, por sus siglas en inglés).

- NORMAS ISO 9000

5 Jun 1987. Se publican las normas de estándares de calidad ISO 9000, El Congreso de Estados Unidos establece el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige.

- INCREMENTO EN CERTIFICACION ISO 9000

5 Jun 1990. Se incrementan las actividades de certificación ISO 9000 en la industria estadounidense; los candidatos para el premio Baldrige aumentan

de manera sostenida; muchos estados patrocinan premios de calidad basados en los criterios del premio Baldrige.

- GESTIÓN DE LA CALIDAD.

En esta etapa se consideran las dos últimas etapas (control y aseguramiento de la calidad); en la cual existió un cambio en la forma en que la administración maneja la calidad.

Se considera a la calidad como una estrategia competitiva, cuando la administración toma como base de su planeación estratégica los requerimientos del cliente y la calidad que ofrecen los productos de la competencia; en otras palabras, se trata de planear las actividades de tal manera que el producto satisfaga los requerimientos, con una calidad superior a la que ofrece la competencia.

- EXCELENCIA EMPRESARIAL

Finalmente, se considera la moderna idea de la excelencia empresarial, en la que se busca una estrategia de gestión global a largo plazo, así como una participación de todos los miembros de la organización para el beneficio de propio de la misma, sus clientes y la sociedad en general; tomando en cuenta las características actuales y cambiantes de la economía y la sociedad.

2.3. Concepto de costes de calidad

Cuando hablamos de “costes” siempre pensamos de forma negativa, sin embargo, los costes no sólo están para intentar reducirlos, sino que, los costes de calidad, son una excelente herramienta de información, que nos facilitan la toma de medidas de tipo estratégico (Feinfembaum, 1991, p. 109).

Conocer el ahorro en costes tiene un efecto impactante para la alta dirección, pues, permite la obtención de los recursos necesarios para el mantenimiento y la mejora de la calidad, y, sugiere la cantidad que debería ser invertida en dichas actividades (Padrón. 2001 p. 137).

Muchos han sido y son, hoy en día, los autores, investigadores e instituciones que se han manifestado al respecto, dando lugar a numerosos libros, artículos, conferencias, ponencias y normas, formando todos ellos una extensa bibliografía. (Ayuso, 2004). Ante la imposibilidad de poder desarrollar todos los documentos, en la tabla 2 se presenta de forma resumida unas referencias en el desarrollo del concepto. En dicha tabla se reflejan las aportaciones generalmente reconocidas y las asociaciones y organismos de calidad tales como la ASQC, European Organization for Quality Control (EOQC), BSI, International Estándar Organization (ISO), así como la repercusión en España a través de la Asociación Española de

Contabilidad y Administración de Empresa (AECA), y la Asociación Española para la Calidad (AEC).

Año	Autor	Publicación	Referencia
1933	Miner, D. F.	Artículo	"What Price Quality", Product Engineering, Agosto, pp. 300, 302.
1935	Crockett, H. G.	Artículo	"Quality, but just enough", Factory Management and Maintenance, 93, pp. 245,246.
1951	Juran, J. M.	Libro	"Quality –control Handbook", cap. 1: The economics of quality. Ed. McGraw-hill, 1 ed.
1951	Feigenbaum, A. V.	Libro	"Total Quality Control". Cap. 5. McGraw-hill, 1 ed.
1956	Feigenbaum, A. V.	Artículo	"Total Quality Control". Harvard Business Review, 34(6), pp. 93-101
1957	Masser, W. J.	Artículo	"The quality manager and quality costs", Industrial quality control. October, pp. 5-8.
1960	Freeman, H.	Ponencia	"How to put quality costs to use", transaction of metropolitan conference, 12 th Metropolitan Section All Day Conference, ASQC.
1963	Department of Defense, EEUU	Norma	"Quality program requirements MIL-Q-9858A"
1967	ASQC/QCC (Quality Cost Committee)	Libro	"Quality Costs-What and How". Quality Press, Milwaukee, 1 ed.
1970	Valero Sanchez Pastor, J. L.	Libro	"Calidad como factor de desarrollo". Instituto Nacional de Administraciones Públicas, Madrid.
1974	ASQC/QCC	Libro	"Guide for reducing quality costs". Quality Press, Milwaukee, 1 ed.
1977	ASQC/QCC	Libro	"Guide for managing vendor quality costs". Quality Press, Milwaukee, 1 ed.
1981	B.S.I.	Norma	BS 6143. "Guide to the determination and use of quality related costs". London. 1 ed.
1984	ASQC/QCC	Libro	"Quality costs: ideas and applications". Vol. 1 y II. Quality Press, Milwaukee.
1986	ASQC/QCC	Libro	"Principles of quality costs". Quality Press, Milwaukee.
1987	ASQC/QCC	Libro	"Guide for managing supplier quality costs". Quality Press, Milwaukee.
1987	I.S.O.	Norma	ISO 9004: apartado 6, 1 ed.
1990	B.S.I.	Norma	BS 6143 Part 2. "Guide to the economics of quality: prevention, appraisal and failure model". London.
1991	A.E.C.	Documento	"Los costes de la calidad". Sección automoción.
1992	B.S.I.	Norma	BS 6143 Part 1. "Guide to the economics of quality: process cost model". London.
1995	A.E.C. A.	Documento	"Costes de calidad". Documento no. 11. Comisión de principios de contabilidad de gestión.
1998	Low, S. P. y Yeo, H. K. C.:	Artículo	"A construction quality costs quantifying system for the building industry". International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 15, nº 3
2000	Barber, P., Graves, A., Hall, M., Sheath, D. y Tomkins, C	Artículo	International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.17 (2000), pp. 479-492 "Quality failure costs in civil engineering projects".
2000	Love, P.E.D., y Li, H	Artículo	"Quantifying the causes and costs of rework in construction" Construction Management and Economics, Vol. 18 (2000), pp. 479-490

2002	Aoieong, R.T., Tang, S.L. y Syed, M.A.	Artículo	Construction Management and Economics “A process approach in measuring quality costs of construction projects”
2007	Dzul López, L. A., Gracia Villar, S.	Artículo de divulgación	Ingeniería 12-3 (2008) 53-61 “Análisis de los sistemas de gestión de los costos de la calidad en la industria de la construcción”
2012	Salvador Climent Serrano	Libro	“Los costes de calidad como estrategia empresarial: Evidencia empírica en la Comunidad Valenciana” Editorial Académica Española

Tabla 2. Referencias de autores sobre costes de calidad.

Jiménez (1997, p. 117) define los costes de calidad como: “los costes en los que la empresa incurre para asegurar que el producto cumple con las especificaciones y requisitos establecidos en la fase de diseño”. Teniendo presente que bajo esta rúbrica se reflejan aspectos económicos, materiales y aspectos de carácter inmaterial, siendo estos últimos de difícil cuantificación (por ejemplo: garantía, trabajos repetidos, tiempo de jefes ingenieros, materiales obsoletos, aumento de inventarios, exceso de controles, aumento de cuentas de clientes etc.). Según Campanella (1997 p. 20) el objetivo de los costes de calidad es representar la diferencia entre el coste real de un producto o servicio y el coste del mismo si la calidad fuera perfecta, por tanto, los Costes de la Calidad son costes que se producen porque existe o porque pueda existir mala calidad.

Climent (2003) aunque comparte las ideas principales de estas definiciones, sin embargo propone una definición más amplia que abarque, además de estos costes, otros tipos de costes. Por lo que define los costes de calidad de la siguiente manera:

“Costes de calidad son todos los costes ocasionados para la obtención de un producto, o servicio idóneo en calidad a las necesidades del usuario.” Por tanto, los costes de calidad son aquellos en los que la empresa haya incurrido para prevenir y controlar que el producto o servicio sea entregado al cliente en las condiciones óptimas, así como todos los costes ocasionados por defectos del producto o servicio, cuando son detectados por la organización y también cuando son detectados por el usuario, teniendo en cuenta en este caso los posibles costes intangibles ocasionados por la pérdida de imagen de la organización.

También serán considerados como costes de calidad los costes realizados por un exceso de calidad de los productos o servicios que el cliente no la exige y no la valora.

Así mismo, también consideramos como costes de calidad todos los ahorros de costes que se pueden producir en la organización por el aumento de productividad ocasionados por una buena organización, mentalización y participación de todos los miembros de la organización en todo el proceso de elaboración del producto o servicio, tanto desde el diseño hasta el servicio

post-venta, incluyendo en este caso también el ahorro de costes que pueda producirse por la buena imagen de la empresa en calidad.

En nuestro país se empieza a hablar de los costes de calidad hacia los años setenta. Una de las primeras publicaciones es la de Valero (1970) en donde se clasifican y describen los costes de calidad. En 1973 se hacen las primeras recomendaciones para elaborar los costes de calidad por la Asociación Española para la Calidad (AEC) (AEC, 1991). En 1995 la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA) publica el documento nº 11 sobre principios de contabilidad de gestión "costes de calidad", en colaboración con la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). En la década de los noventa los costes de calidad toman más importancia con publicaciones de autores como Amat (1991, 1992, 1995, 1997) Jiménez (1994, 1995, 1996, 1997), Fuentes (1995, 1996a, 1996b, 1996c, 1998a, 1998b), Fernández (1993, 1994a, 1994b), Ripoll y Ayuso (1998), Climent (2000, 2001a, 2001b) entre otros, han abordado el estudio de los costes de calidad.

En diferentes estudios realizados podemos ver en la tabla 3 la importancia que tienen los costes de calidad,

Autor	% que representa los costes de calidad
Gryna (1988, Cap. 4) y Juran y Gryna (1993, p. 43)	Del 20% al 40% de las ventas
Crosby (1979, p. 18; 1991. p. 38)	Entre el 20% y 25% de la facturación
Juran (1990a pp 125-128)	entre el 25% y el 30%
Conway (1992)	Del 40% en adelante
Plunket y Dale (1985 pp. 29-33)	Entre el 5 y el 25%
Lim y Stephson (1993, p. 69) y Raab y Czapor (1987, pp. 479-782)	Entre 5 y el 15%
Campanella y Corcoran (1987: p. 569)	Porcentajes superiores al 20%
Harrington (1990, pág. 3)	Del 20% al 35%
La National Economic Development Office (ANON, 1985)	Entre un 10% y un 20% de las ventas totales en el Reino Unido
Camisón y Roca (1997,p 201)	Entre el 37%, y el 40.4% en hoteles
Alonso y Blanco (1990, pp 72 -78)	El 20% de su cifra de ventas
Amat (1995 p 5)	El 4.5% (sin los costes intangibles)
La sección de Automoción de la Asociación Española para la Calidad (1991 P 8)	Del 5% al 20% de la cifra de ventas,
Latzko, (1988, p 85) y Amat (1992, p 7)	En los bancos entre el 8% y el 10% de los beneficios y entre un 25% y un 40% de los costes de personal
Elorriaga (1993 pp. 105- 113)	Entre un 10% y un 30% las ventas

Tabla 3. Importancia de los costes de calidad

2.4. Clasificación de costes de calidad

Los costes de calidad tradicionalmente se han venido clasificando en cuatro categorías:

Costes de prevención, costes de evaluación, costes de fallos internos y fallos externos; incluyendo los costes intangibles en los cuatro grupos, pero sobre todo en los dos últimos. Algunos de los autores que han realizado estas

clasificaciones son: Harrington (1990), Campanella (1997), Alexander (1994), así como la BSI, (1991) la ASQC y AECA.

Siendo todas las clasificaciones bastante semejantes nos centraremos en la de AECA.

AECA (1995: p 73-79) define estas cuatro categorías de costes, y distingue entre dos grandes grupos: costes de calidad y costes de no calidad.

2.4.1. Costes de calidad:

Considerando como costes de calidad los que la empresa incurre para prevenir y controlar que el producto o servicio cumple las especificaciones de calidad. Los define como aquellos costes que se originan a consecuencia de las actividades de prevención y de evaluación que la empresa debe de acometer en un plan de calidad”.

A su vez los costes de calidad los subdivide en costes de prevención y costes de evaluación.

- **Costes de prevención:**

Son los costes en que incurre la empresa al intentar reducir o evitar los fallos.

- **Costes de evaluación:**

Son los costes que incurre para garantizar que los productos o servicios no conformes con las normas de calidad sean identificados antes de la entrega al cliente.

2.4.2. Costes de no calidad:

AECA defínalos costes de no calidad como los costes ocasionados por la falta de calidad y considera que los costes de no calidad o fallos incluyen además los costes de oportunidad o costes intangibles. Estos costes de calidad los subdivide en costes de fallos internos y costes de fallos externos. Pasamos a describir cada uno de ellos.

- **Costes de fallos internos:**

Son los costes ocasionados porque los fallos producidos se detectan antes de la entrega al cliente.

- **Costes de fallos externos:**

Los gastos ocasionados porque los fallos son detectados una vez el producto o servicio es detectado una vez entregado al cliente.

Los **costes de calidad tangibles** son los que se pueden medir de forma objetiva, producidos por la falta de calidad o para obtener la calidad que se especifica. Estos costes se pueden calcular con criterios convencionales de

costes generalmente aceptados. Normalmente van acompañados de un desembolso en efectivo por parte de la organización, como es el caso del coste de materiales y el coste de la mano de obra, que se incurren como consecuencia de actividades de calidad o de fallos.

Los **costes de calidad intangibles**, son los costes que su valoración se realiza por métodos subjetivos y que afectan a aspectos tales como: imagen de la empresa, pérdida de ventas por falta de la satisfacción de los clientes, el incremento de las mismas por la buena imagen de la empresa, al ahorro de costes en campañas de marketing, etc. Estos costes no acostumbran a ser registrados, es decir, no aparecen en la contabilidad tradicional. Como ejemplos podemos poner: aumento de los costes financieros por saldos excesivos de cuentas deudoras, exceso de stocks, desmotivación del personal. También se pueden considerar los gastos que tiene que realizar la organización en campañas de marketing por una pérdida de imagen de marca por haber tenido algunos lotes defectuosos, o al revés ahorro de costes en publicidad porque los productos tienen muy buena imagen y se transmite de boca a boca, el orgullo de los trabajadores de pertenecer a una determinada empresa, etc.

Camisón y Roca (1997, p. 120) indican que los costes intangibles de calidad suelen ser los costes consecuencia de la pérdida de imagen de la empresa. Por último, Deming (1989) indica que los costes intangibles necesitan ser medidos aunque no sea con medidas financieras, y se deberían de usar prioritariamente en las medidas de calidad. Diferentes autores hacen referencia a los costes intangibles y cómo se pueden calcular. Así, según Camisón y Roca (1997, pp. 120–127) y Amat (1992, p. 72) afirman que para poder calcular los costes intangibles hay que relacionar la mala calidad con la desmotivación de los empleados y posteriormente hay que diseñar un modelo que relacione la desmotivación con el incremento de los costes o la pérdida de ingresos de la empresa.

Para cada uno de los grupos en que hemos clasificado los costes de calidad distinguiremos también entre costes de diseño y costes de conformidad.

En relación con este tema seguimos la clasificación de que hacen Juran y Gryna (1988 pp 4-8) y Mizumo (1988), según perspectivas conceptuales a partir de dos componentes de la calidad que identifican, que son: calidad de diseño y calidad de conformidad.

Los costes de diseño son los que incurre la empresa por una mala planificación o diseño del producto. La calidad de diseño son características del producto o servicio definidos por la empresa. Mizumo (1988, p. 31) define la calidad de diseño como las políticas a desarrollar para establecer la calidad del producto o servicio deseada, basadas en estudios de mercado, estudios de eficiencia de costes y requerimientos de la dirección general, es decir, es el nivel de calidad que la empresa planifica alcanzar para su producto o servicio antes de haber iniciado su proceso de producción. Como



actividades relacionadas con los costes de diseño podemos citar los esfuerzos efectuados en investigación de mercados para conocer las necesidades, expectativas y percepciones de los clientes, que afectarán a su satisfacción y las actividades asociadas a la traslación de las necesidades del cliente en normas de calidad o características de calidad, incluyendo la revisión continua de los progresos en los diseños de productos, así como todos los costes ocasionados por un mal diseño del producto que se traduzcan en fallos internos y externo.

Los costes de conformidad son los que incurre la empresa porque los productos no cumplen con las especificaciones requeridas de calidad. Mizumo (1988 p. 31 - 35) y Camisón y Roca (1997 pp. 28-29) definen la calidad de conformidad como la calidad del producto o servicio que resulta de producirlo de acuerdo con los estándares establecidos como calidad de diseño, es decir será la diferencia entre las características de calidad previamente diseñadas y las que realmente se alcanzan. Entre las actividades relacionas para cumplir con la calidad de conformidad están: las ejecutadas para garantizar la capacidad y disponibilidad de las operaciones en cumplir las normas y características de calidad establecidas por la empresa, las actividades de evaluación de operaciones de inspección, ensayos y auditorías realizadas para determinar la aceptabilidad del producto, etc.

3. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

3.1. Reseña histórica.

La empresa estudio es una empresa constructora con orígenes de la última década del siglo XIX y creada en el año 1934 con gran experiencia en obra civil, ferrocarril y edificación. Su ámbito geográfico de actuación cubre todo el territorio español y a nivel internacional opera con filiales en diferentes países de America Latina, Europa.

La capacidad de actuación queda ilustrada con la clasificación de la empresa en el Registro Oficial de Contratistas de Obras del Ministerio de Industria y Energía.

Los principales activos de la empresa son su equipo humano, que ha recogido y transmitido a través de los años la experiencia de la empresa, una sólida situación financiera, un actualizado parque de maquinaria y equipos auxiliares, y las instalaciones necesarias para desarrollar su actividad.

La Empresa se organiza geográficamente en cuatro Zonas, una de ellas específica para el ámbito de Infraestructuras Ferroviarias. Estas Zonas, con objeto de dar un mayor enfoque al Cliente, se dividen en Delegaciones. Todas ellas se apoyan en Servicios Corporativos.

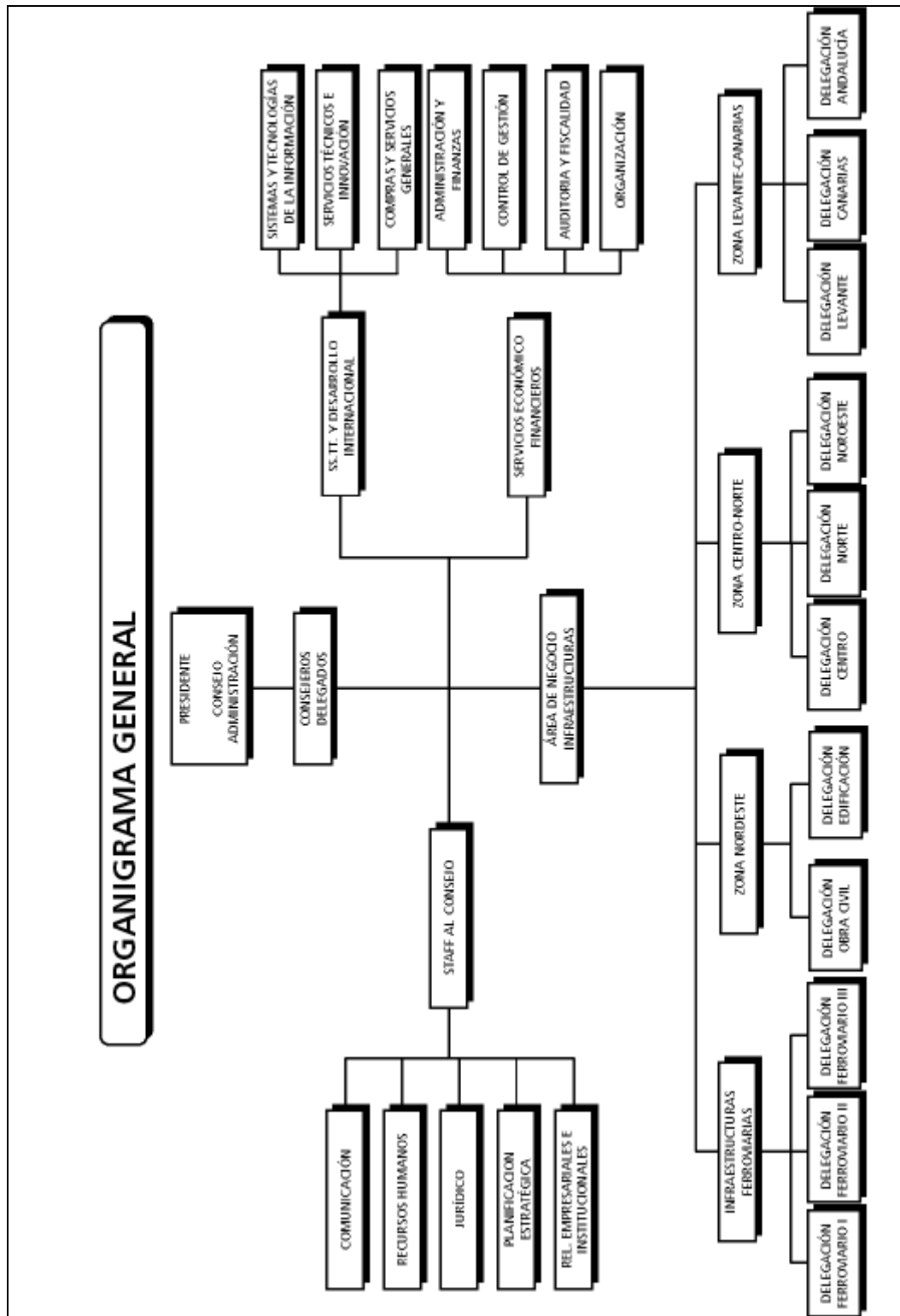


Figura 2. Organigrama general de la empresa



3.2. Política de calidad y medio ambiente

La Empresa ha mantenido, desde su fundación, una constante preocupación por realizar obras de construcción y prestar servicios que cubran las expectativas presentes y futuras de los Clientes, así como de los usuarios y de la Sociedad en general.

Este objetivo permanente ha permitido a la Empresa alcanzar prestigio en el sector y debe seguir orientando los esfuerzos de todas las personas que la integran para garantizar un crecimiento rentable, equilibrado y sostenido.

Satisfacer las expectativas, en continua evolución, de los Clientes supone:

1. Identificar correctamente las necesidades, actuales y futuras, de cada Cliente.

Para ello se debe:

- Escuchar e implicar al Cliente desde el principio en la determinación de los requisitos explícitos e implícitos que le satisfagan.
 - Asegurar desde el inicio que las especificaciones de los contratos son realizables y las personas implicadas las comprenden en todo su alcance.
 - Utilizar las herramientas de gestión adecuadas para identificar amenazas y oportunidades de la evolución tecnológica aplicable a nuestras actividades.
2. Asegurar la calidad de las obras realizadas y dar la confianza a los Clientes de nuestra capacidad de conseguirla de forma continuada, al:
 - Emplear adecuados procesos de ejecución, con el menor impacto ambiental posible y las tecnologías avanzadas más adecuadas.
 - Planificar con rigor en función del plazo de ejecución de los requisitos asociados y de los límites de un presupuesto competitivo.
 - Cuestionar de forma constructiva la manera de hacer las cosas, proponiendo soluciones originales a problemáticas reales o potenciales.
 - Cumplir los compromisos adquiridos, los requisitos legales y normativos y lo establecido en los Planes de Calidad y Medio Ambiente. Hacer extensivo su cumplimiento, en el ámbito de la obra, a proveedores, subcontratistas y otros colaboradores.
 3. Mejorar constantemente el funcionamiento interno y con los colaboradores externos. Para ello se debe:



- Extender la cultura de la prevención frente a la corrección, con la participación de todos los niveles de la Empresa y de los colaboradores externos.
- Asegurar la máxima cualificación de los profesionales, integrando al personal en los principios de la Empresa, proporcionando un ambiente de trabajo que estimule su motivación, creatividad, realización, trabajo en equipo y protección al entorno.
- Desarrollar relaciones profesionales con los subcontratistas y proveedores críticos para lograr asociaciones de máxima colaboración y confianza.
- Mantener un proceso de mejora continua que asegure la optimización de las actividades de la Empresa y su constante evolución.

Satisfacer las expectativas de una Sociedad cada día más sensibilizada con el respeto al Medio Ambiente supone adquirir un compromiso para:

4. Mantener en las mejores condiciones posibles el entorno en el que trabajemos mediante:
 - La racionalización del consumo de los recursos naturales.
 - La adopción de medidas que minimicen el impacto ambiental.
 - El aprovechamiento de los materiales, reutilizando y reciclando siempre que sea posible.
5. Dar confianza a la Sociedad sobre nuestras actividades mediante:
 - Mantener a disposición del público nuestra Política de Calidad, Medio Ambiente e I+D+i.
 - Mantener un sistema que garantice que las comunicaciones serán consideradas para establecer nuevos objetivos y metas en nuestra Empresa.

La Política de Calidad, Medio Ambiente e I+D+i establecida se basa en la concienciación y participación de todo el personal de la Empresa que debe conocer y aplicar los métodos adecuados para cada actividad, en la prevención y en la adopción de soluciones originales e innovadores encaminadas a la mejora continua, con el fin de mantener y elevar los niveles de Calidad, reduciendo los costes, y minimizando, siempre que sea viable, el impacto ambiental de nuestros trabajos, proporcionando un marco de referencia para establecer Objetivos y metas.

3.3. Sistema de gestión de calidad y medio ambiente

El objetivo del Sistema de Calidad y Medio Ambiente es garantizar la satisfacción de los Clientes, asegurando la correcta realización de los procesos que intervienen minimizando el impacto medioambiental.

3.3.1. Alcance del Sistema de Gestión y exclusión permitida.

El alcance del sistema de Gestión es la actividad de Construcción de las diferentes tipologías de obra.

La Empresa queda englobada en el modulo "D" de Producción, inspección y ensayos finales, enunciado en la norma UNE EN ISO 9001. De tal forma que se le permite excluir del sistema de Gestión de Calidad, el requisito referente al apartado 7.3. de la norma ISO 9001 "Diseño y Desarrollo".

3.3.2. Composición del sistema.

El Sistema se compone de:

- Un mapa de procesos (detallado en la página siguiente) que determina los procesos de la Empresa (estratégicos, clave y de soporte), y describe la interacción entre los mismos para la mejora continua del Sistema.
- Cada uno de los Procesos Estratégicos posee, como mínimo, un indicador de la evolución que se evalúa durante la Revisión del Sistema.
- Un conjunto de funciones y responsabilidades asignadas a las personas que realizan actividades que inciden directa o indirectamente en la calidad y en el entorno de la obra o servicio prestado.
- Unos procedimientos documentados, que describen los procesos y métodos empleados, y registros que demuestran el cumplimiento de los requisitos del Sistema.
- Un órgano de gestión, el Consejo de Calidad y Medio Ambiente, que planifica, supervisa, evalúa y proporciona los medios necesarios para alcanzar los objetivos establecidos.

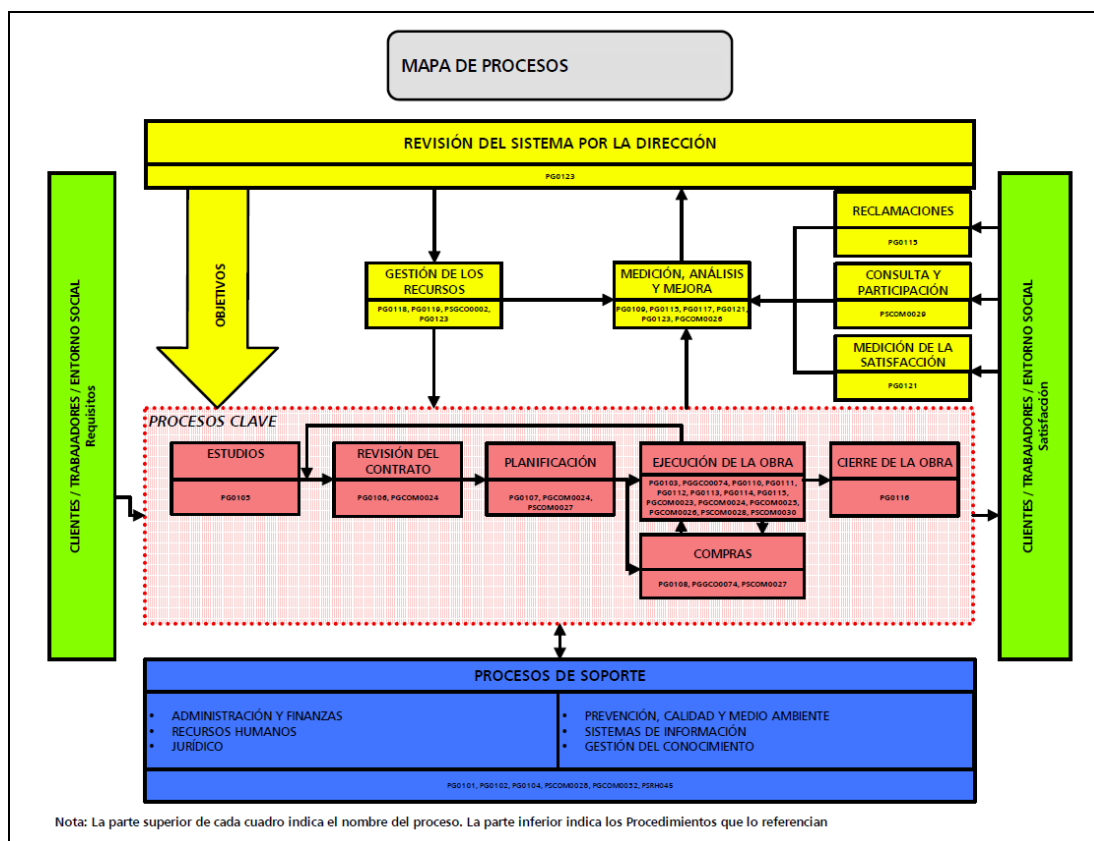


Figura 3. Mapa de procesos de la empresa

3.3.3. Funciones y responsabilidades

El enfoque que se impulsa sobre la responsabilidad de la Calidad y el Medio Ambiente se basa en el principio del autocontrol que cada persona ejerce sobre su trabajo: la conciencia de la calidad y de minimización de la afección al medio ambiente debe estar presente en la actividad de todas las personas, sintiéndose estimuladas por el trabajo bien realizado.

Además de este enfoque, existe un conjunto de funciones específicas de la gestión de la calidad y el medio ambiente asignadas a puestos concretos de los Equipos de Obra y de los Servicios Técnicos y Corporativos

3.3.4. Documentos que integran el Sistema de Calidad y Medio Ambiente

⇒ Manual de Calidad y Medio Ambiente

Recoge la Política de Calidad y Medio Ambiente y resume los principios del Sistema que se detallan en los Procedimientos Generales. Incluye la interacción de los procesos y el alcance del Sistema, con la justificación de las exclusiones.

La correspondencia entre las Normas ISO 9001 e ISO 14001 y los Capítulos del Manual se indica en la siguiente tabla:

Capítulo Manual	Apartado de la Norma UNE-EN ISO 9001					Apartado de la Norma UNE-EN ISO 14001					
Capítulo 2	5.2										
Capítulo 3	5.1	5.3	5.4			4.2					
Capítulo 4	4	5	6.1	8		4.1	4.3	4.4.1	4.4.4, 4.4.3	4.4.7	4.6
Capítulo 5	7.2					4.3.2					
Capítulo 6	4.2.3					4.4.5					
Capítulo 7	7.4					4.4.6					
Capítulo 8	7.5.4										
Capítulo 9	7.5.3										
Capítulo 10	6	7.1	7.5.1	7.5.2		4.3.4	4.4.6				
Capítulo 11	7.1	7.4.3	7.5.1	8.2.4		4.4.6	4.5.1				
Capítulo 12	7.6					4.5.1					
Capítulo 13	7.5.3					4.4.6					
Capítulo 14	8.3					4.5.3					
Capítulo 15	8.5					4.5.3					
Capítulo 16	7.5.5					4.4.6					
Capítulo 17	7.5.1	8.2.1				4.4.6					
Capítulo 18	8.2.2	8.2.3				4.5.2	4.5.5				
Capítulo 19	6.2.2					4.4.2					

Tabla 4. Correspondencia entre Normas ISO 9001 e ISO 14001 y capítulos del manual de Calidad y Medio Ambiente

⇒ Procedimientos Generales y de Soporte.

Los Procedimientos Generales describen los procesos de la cadena de valor de la empresa, mientras que los Procedimientos de Soporte describen los procesos que no pertenecen, de forma directa, a la cadena de valor de la empresa. Ambos responden a los requisitos de las normas ISO 9001e ISO 14001.

La sistemática para su elaboración, aprobación, distribución y control se describe en el Procedimiento PGCOM0002. De su aplicación se obtienen los Planes de Calidad y Medio Ambiente de las obras. Son los siguientes:

Código	Procedimiento general	Correspondencia con apartados ISO 9001						Correspondencia con apartados ISO 14001		
PGCOM0001	Gestión del Manual de Calidad y Medio Ambiente	4.2						4.4.4		
PGCOM0002	Emisión y distribución de procedimientos y normas	4.2.1	4.2.3					4.3.2	4.4.4	4.4.7
PGCOM0003	Control de la documentación en la obra	4.2.3	4.2.4					4.4.3	4.4.5	4.5.4
PGCOM0004	Control de la documentación en Delegación	4.2.3	4.2.4	5.5.3	7.2.3			4.4.3	4.4.5	4.5.4
PGCOM0005	Presentación de ofertas	7.2								
PGCOM0006	Revisión del proyecto e inicio de la obra	7.2						4.4.6		
PGCOM0007	Planificación de la obra	7.1						4.3	4.4.6	4.4.7
PG0108	Compras y subcontrataciones	7.4						4.4.6		
PGGCO0074	Evaluación de proveedores y subcontratistas	7.4.1						4.4.6		
PGCOM0010	Identificación y trazabilidad de los materiales en la obra	7.5.3								
PGCOM0011	Control de los procesos	6	7.1	7.2.3	7.5.1	7.5.2		4.4.6		
PGCOM0012	Inspecciones y ensayos	6.4	7.4.3	8.2.4				4.5.1		
PGCOM0013	Equipos de medida y ensayo	7.6						4.5.1		
PGCOM0014	Manipulación, almacenamiento y conservación de materiales	7.5.4	7.5.5					4.4.6		
PGCOM0015	No conformidades, y acciones correctivas y preventivas	7.2.3	8.3	8.5.2	8.5.3			4.5.3		
PGCOM0016	Entrega y cierre de la obra	7.5.1	8.2.4					4.4.6		
PGCOM0017	Auditorías internas de la calidad y del medio ambiente	6.2.1	8.2.2	8.2.3				4.5.2	4.5.5	
PG0118	Estructura y organización	5.5.1	6.1	6.3	6.4			4.4.1	4.4.4	
PGCOM0019	Estructura y organización de la obra	5.5.1	6.1	7.5.1				4.4.1	4.4.4	
PSGCO0002	Formación	6.2.2						4.4.2		
PGCOM0021	Medición de la Satisfacción del Cliente	8.2.1								
PGCOM0022	Control de registros	4.2.4						4.5.4		
PGCOM0023	Revisión del Sistema	5	8					4.3.3	4.5.2	4.6

Tabla 5. Procedimientos generales y de soporte del SGC



⇒ **Procedimientos Específicos**

Detallan procesos de soporte de funcionamiento interno que se precisan regular (Financiero, Jurídico, de Administración, de Personal, etc.), actividades concretas de un Procedimiento General o de un Procedimiento de Soporte.

La sistemática para su elaboración, aprobación, distribución y control se detalla en el Procedimiento PGCOM0002.

⇒ **Normas y Procedimientos Técnicos**

El Departamento Gestión del Conocimiento mantiene actualizada la distribución a los Equipos de Obra de las normas externas mediante aplicación informática. Para facilitar la consulta de la normativa técnica, ésta queda publicada en la aplicación de Normativa del Portal Corporativo de La Empresa.

Además de la normativa vigente, en algunos casos puede ser necesario desarrollar Procedimientos Técnicos propios para detallar un determinado proceso de ejecución. Los criterios de control y distribución de normas, y de elaboración de procedimientos técnicos figuran en el Procedimiento PGCOM0002.

⇒ **Legislación medioambiental**

El Departamento de PCMA, Clasificaciones y Homologaciones mantiene actualizada la legislación medioambiental vigente de ámbito comunitario, estatal y autonómico. En base a ella elabora síntesis con los aspectos concretos de aplicación a las actividades de La Empresa (tanto Centros fijos como obras), complementándose con las disposiciones locales que son solicitadas desde la propia obra.

La legislación aplicable se mantiene informáticamente en la aplicación de Normativa del Portal Corporativo de La Empresa.

La operativa de su mantenimiento y control se describe en el Procedimiento PGCOM0002.

⇒ **Normas Internas**

Definen una Política de Empresa o regulan una actividad concreta (condiciones de pago, normas de gastos, etc.). La operativa para su elaboración, aprobación y distribución se describe en el Procedimiento PGCOM0002.

⇒ **Planes de emergencia**

Los planes de emergencia describen las actuaciones e iniciativas a realizar en caso de accidentes, imprevistos y emergencias, tanto en los centros fijos de la Empresa como en las obras. Los criterios de elaboración, aprobación y aplicación se describen en el Procedimiento PGCOM0002.



⇒ **Plan de Calidad y Medio Ambiente (PAC) de una obra**

Es el conjunto de documentos que recogen, para una obra concreta, la planificación de la calidad y del medio ambiente y el resultado de la aplicación de los procedimientos. El PAC lo integran los siguientes registros:

- Índice del PAC.
- Carta presentación PAC
- Informe de la revisión del proyecto y/o acta de replanteo.
- Check list inicio de la obra
- Organigrama de la obra y firmas autorizadas.
- Sistema para controlar la documentación recibida y generada en la obra.
- Evaluación de proveedores y subcontratistas.
- Programa de Puntos de Inspección (con inspecciones de recepción, de proceso y finales) y las correspondientes fichas asociadas.
- Planes y resultados de Ensayos.
- Planos e instrucciones de manipulación y almacenamiento de materiales.
- Solución a no conformidades, y posibles acciones correctoras y preventivas
- Entrega y cierre de la obra.
- Requisitos legales aplicables a la obra.
- Proyecto original y posibles modificaciones que se hayan producido.
- Identificación y evaluación de aspectos medioambientales de la obra.
- Procedimientos Técnicos aplicables a la obra.
- Plan de emergencia de la obra.
- Alcance del PAC
- Reunión de Evaluación Técnica de Obra (RETO)
- Planificación de compras
- Trazabilidad
- Actas de reunión.
- Certificados de formación

⇒ **Registros de calidad y medio ambiente**

Son pruebas documentales que deben conservarse como mínimo durante cinco años para demostrar que se han seguido los procedimientos obligatorios y que se han satisfecho los requisitos del Sistema de Calidad y Gestión Ambiental.

La sistemática para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, el tiempo de retención y la disposición de los registros se describe en el procedimiento PGCOM0022 "Control de Registros".

⇒ **Aspectos medioambientales**

Para cada obra en particular, el Técnico de PCMA en Obra o de Negocio, en colaboración con el Jefe de Obra, una identificación y evaluación de aspectos medioambientales, de acuerdo con el Procedimiento Específico PE01CA01.

Para ello se tienen en cuenta, en primer lugar, criterios de carácter exclusivamente medioambiental. Dichos criterios son:

- Modificación del Medio (si la modificación es en el ámbito de la obra o incluso fuera del ámbito de la obra).
- Afección al medio (se la afección es inmediata o no lo es).
- Repetitividad (si es acumulativo en varias fases de la obra o no lo es).
- Incidencia en el Medio (plazo en el se interactúa con el Medio).
- Alteración del entorno (si es temporal o permanente).
- Reversibilidad (si es reversible o irreversible).
- Recuperabilidad (si es recuperable o no lo es).
- Frecuencia con que se da en una determinada unidad de obra.

A continuación se valoran criterios que definen el grado de aplicabilidad que tiene cada aspecto en función de la obra. Dichos criterios son:

- Volúmenes previstos de ejecución.
- Ubicación de la obra.

Una vez realizada la evaluación, los aspectos considerados significativos, así como los que, no siéndolo, tengan asociados requisitos legales, son incluidos en un Procedimiento Técnico de la Obra para su minimización y control a través de los correspondientes Programas de Puntos de Inspección (ver PGCOM0012).

Siempre que La Empresa realice nuevas actividades, el Técnico de PCMA en Obra o de Negocio realizará una identificación y evaluación de los aspectos medioambientales asociados.

Asimismo, para las actividades generadas en las oficinas y centros fijos de la Empresa debe realizarse una identificación y evaluación de los aspectos medioambientales. Dicha identificación y evaluación será revisada, como mínimo, anualmente, siguiendo el Procedimiento Específico PE01CA02.

La Empresa no comunica externamente información acerca de sus aspectos ambientales significativos. Si se produce una petición de comunicación externa al respecto de estos aspectos por partes interesadas externas, quedará a expensas del Departamento de PCMAH junto con el Departamento de Comunicación la transmisión de dicha información.

⇒ **Indicadores, objetivos, programas y metas**

Existen indicadores de los principales procesos del Sistema de Gestión de la Calidad y Medio Ambiente que permiten a la Empresa determinar la evolución de estos procesos.

Cuando así se determine, el Consejo de Calidad y Medio Ambiente podrá establecer objetivos asociados a estos indicadores.

Para dar cumplimiento a la Política de Calidad y Medio Ambiente, el Consejo de Calidad y Medio Ambiente aprueba unos Objetivos que son revisados, como mínimo, anualmente.

La sistemática de establecimiento de los Objetivos y su posterior seguimiento se detalla en el Procedimiento General PGCOM0023 de "Revisión del Sistema".

⇒ **El Consejo de Calidad y Medio Ambiente, la Revisión del Sistema.**

El Consejo de Calidad y Medio Ambiente planifica y supervisa la implantación del Sistema. Está formado por el Director General, el Director General de Servicios Técnicos y el Director del Área Técnica e Innovación.

Su principal misión es la Revisión Anual del Sistema de Gestión de Calidad y Medio Ambiente para asegurarse de que es adecuado, está enfocado al Cliente, es conveniente y eficaz de forma continua y cumple los requisitos marcados en las normas ISO 9001 e ISO 14001.

El proceso que se sigue para la Revisión del Sistema queda descrito en el procedimiento PGCOM0023 "Revisión del Sistema".

⇒ **El Departamento de PCMA, Clasificaciones y Homologaciones**

La Empresa cuenta con un Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, Clasificaciones y Homologaciones encuadrado en la Dirección de Servicios Técnicos e Innovación, que, además de las funciones descritas en PG0118, tiene la responsabilidad y autoridad que exige el punto 5.5.2 "Representante de la Dirección" y los puntos 5.5.1 "Estructura y responsabilidades" y 4.4.3 "Comunicación" de las normas ISO 9001 y 14001 respectivamente.

Dentro del Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, Clasificaciones y Homologaciones se incluye la función de Auditor Interno para comprobar el cumplimiento de los requisitos del Sistema de Calidad y Medio Ambiente en todos los ámbitos (tanto Obras y Servicios propios, como Departamentos y Servicios de Grupo).

3.4. La orientación hacia la calidad total

La Empresa desarrolla sus actividades con un enfoque de gestión hacia de la calidad total¹, incluyendo en este concepto la gestión medio ambiental.

Algunas ideas clave de esta orientación son:

- Tener personas motivadas hacia el trabajo bien hecho.
- La prevención es mucho menos costosa que la corrección. Si incluso con prevención se produce un error, cuanto antes se detecte menos costará.
- El primer paso para poder mejorar es tomar conciencia de la realidad: registrar los errores, estudiarlos evitando soluciones precipitadas, y actuar con mentalidad constructiva, evitando pretextos.
- Cuando un problema excede los medios de solución disponibles, debe comunicarse. Ocultarlo o ignorarlo no lo resuelve.
- Trabajar en equipo: una empresa es una suma de esfuerzos individuales coordinados en una misma dirección. En el entorno de calidad total, cada persona asume que es cliente y proveedor de productos, servicios, información,... De otros departamentos y personas de la organización.
- La calidad no se controla, se hace. La calidad es la satisfacción del cliente con fiabilidad, seguridad, servicio, garantía y la cobertura de otras expectativas que pueda tener.
- Mediante la mejora continua se optimiza el funcionamiento, en un ciclo de analizar situaciones, identificar oportunidades, planificar y realizar acciones, y comprobar su eficacia.
- Más calidad no significa más coste, sino al contrario: si se mejora la calidad del proceso, reduciendo ineficiencias, se reduce el coste.

¹"La gestión de la Calidad Total es un sistema destinado a integrar los esfuerzos de todas y cada una de las personas de una Empresa dirigidos a generar y mejorar la Calidad con el fin de que los costes de producción y servicios sean los menores posibles y compatibles con la plena satisfacción de los Clientes y Usuarios" - Dr. Feigenbaum.



3.5. Tratamiento de No conformidades

Se define como no conforme el material, unidad de obra realizada, proceso que no cumple los requisitos especificados o desviaciones y deficiencias de lo establecido en los procedimientos aplicables. La identificación de la no conformidad puede realizarla el Jefe de Obra, el personal de ejecución con misiones de verificación, la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o el equipo auditor.

También se trata como no conformidad cualquier reclamación del Cliente que pudiera producirse, así como cualquier queja de tercera parte (vecinos, grupo ecologista, etc.).

En el caso de que el Jefe de Obra pueda resolver la no conformidad por sus propios medios, se documentará en la Ficha de Control correspondiente a la inspección en la que fue detectada, o en el Informe de Incidencias de la Obra. En el caso de que el Jefe de Obra no pueda resolverla por sus propios medios, deberá cumplimentar un informe de no conformidad en el que anote las soluciones propuestas y cual de ellas es la más recomendable (enumerando ventajas e inconvenientes). El Jefe de Grupo revisará y aprobará internamente la disposición a adoptar, sometiéndola a consideración y aprobación del Director de Obra cuando se establezca contractualmente para poder reparar o reprocesar materiales no conformes, no se puedan restablecer totalmente los requisitos establecidos, incida en plazos o sea consecuencia de una causa ajena a la responsabilidad de La Empresa.

Las posibles disposiciones a adoptar son del tipo:

Devolver el material al proveedor para que lo reemplace por otro en correctas condiciones. El material se colocará en una zona predefinida hasta su devolución. Si se considera necesario para evitar su utilización por error, esta zona será señalizada mediante rótulo.

Reparar el material o unidad de obra ejecutada. Cuando sea necesario se identificará con un rótulo que advierta de la reparación pendiente, se describirá la reparación con procedimientos, e inspeccionará al final para comprobar la efectividad de la reparación. Si se trata de elementos estructurales o equipos de los que dependa la seguridad de la obra, se realizará bajo aprobación del Jefe de Grupo y del Director de Obra.

- Rechazar el material por no poderse devolver al proveedor. Se procederá a su ubicación en la zona de residuos establecida.
- Rechazar la unidad de obra ejecutada por anomalías graves no corregibles. En este caso se procederá a su demolición o desmontaje.
- Aceptar el material o unidad de obra no conforme. En estos casos, que deben ser excepcionales, deberá contarse con la aprobación explícita de la Dirección de Obra.



3.6. Acciones correctivas y preventivas

La Empresa insta a todo su personal hacia la prevención como factor clave en la calidad y en el respeto al medio ambiente, motivando a que toda persona actúe con esta orientación en su trabajo.

Si una persona detecta un problema fuera de su ámbito de actuación, es su responsabilidad la comunicación inmediata al responsable del Área afectada. En caso de dudar a qué Área corresponde la solución del problema, debe comunicarlo al Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, Clasificaciones y Homologaciones.

En la obra, además de resolver el problema de un material, unidad de obra o proceso no conforme según lo indicado en el capítulo anterior, el Jefe de Obra analizará las posibles causas para tomar las acciones correctivas oportunas que eliminen dichas causas y eviten la repetición del problema. En lugar de correctivas, serán preventivas cuando el problema no se haya llegado a producir pero se prevea su aparición, o se pretendan eliminar causas potenciales.

El Jefe de Obra documentará las acciones en un informe cuando su magnitud requiera medios, decisiones o aprobaciones fuera de su ámbito de competencia.

El enfoque propuesto para el análisis de problemas consiste en determinar primero todas las posibles causas antes de considerar prematuramente una única causa y una acción inmediata. Luego se valora la explicación del problema por cada causa. Seleccionada una o varias causas, se tratará de confirmarlas mediante pruebas que reproduzcan la situación producida o prevista.

Una vez aprobadas y realizadas las acciones correctivas o preventivas, el Jefe de Obra verificará mediante las inspecciones o ensayos aplicables, que han sido eficaces en la eliminación de las causas reales o potenciales.

Por otro lado, el Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, analizará las causas de problemas detectados en auditorías internas y externas, de las comunicaciones internas y externas, o recogidas como reclamaciones de Cliente o reparaciones en garantía. Las acciones oportunas serán aprobadas por la Dirección General o por el Consejo de Calidad y Medio Ambiente si lo permite el plazo de solución.

3.7. Auditorías internas

Las auditorías tienen la finalidad de comprobar el cumplimiento y la efectividad de los requisitos del Sistema de Calidad y Medio Ambiente de La Empresa, incluyendo los requisitos legales medioambientales aplicables, y detectar mejoras potenciales.

El Jefe de Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, Clasificaciones y Homologaciones aprueba un plan anual de auditorías internas, pero pueden realizarse auditorías especiales cuando sea un requisito contractual de una obra o auditorías aleatorias sin notificación previa a las obras y áreas a auditar con el objeto de comprobar la operativa diaria sin el posible condicionamiento en el personal que supone una auditoría planificada.

El equipo auditor, independiente del área auditada, planifica la auditoría, si procede avisa al responsable del área u obra auditada, informa de los resultados a Dirección, comprueba la corrección de desviaciones en el plazo estipulado, y archiva los documentos de la auditoría. Por su parte, el personal auditado debe cooperar en la auditoría facilitando la información requerida.

Los aspectos a auditar incluyen la organización, control de documentos, control de los procesos constructivos y administrativos, cumplimiento de Procedimientos y requisitos normativos y legales, y, en general, cualquier actividad reglamentada por el Sistema de Calidad y Medio Ambiente de La Empresa. La comprobación del cumplimiento de requisitos se basa en la obtención de evidencias objetivas.

Una vez concluida la auditoría se celebra una reunión entre el equipo auditor y el Jefe de Obra o responsable de Área para presentar y aclarar los resultados. Si han surgido no conformidades, se proponen acciones para su corrección, incluyendo una estimación de plazo y responsable de ponerlas en práctica.

El equipo auditor presenta el informe de la auditoría al Jefe de Prevención, Calidad y Medio Ambiente para que informe a la Dirección.

Terminado el plazo, en función de la gravedad de las desviaciones, puede realizarse una auditoría de seguimiento para comprobar su corrección.

Los informes de auditoría se consideran registros de calidad y medio ambiente.



4. DEFINICIONES

- ACCIÓN CORRECTIVA. Acción o grupo de acciones realizadas para corregir una situación adversa de calidad y/o medio ambiente y evitar su repetición.
- AMBIENTE DE TRABAJO. Conjunto de condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo, incluyendo factores físicos, ambientales y de otro tipo (tales como el ruido, la temperatura, la humedad, la iluminación y las condiciones climáticas).
- AUDITORÍAS DE LA CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE. Examen metódico e independiente que se realiza para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad y al medio ambiente satisfacen las disposiciones previamente establecidas, y para comprobar que estas disposiciones se llevan a cabo y son adecuadas para alcanzar los objetivos previstos.
- ASPECTO MEDIOAMBIENTAL. Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.
- CALIBRACIÓN. Conjunto de operaciones que permiten establecer, en condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un equipo o instrumento de medida y los correspondientes valores conocidos de una magnitud de medida.
- CALIDAD. Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.
- CONTROL DE CALIDAD. Técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad.
- DEFECTO. Falta de cumplimiento de los requisitos de utilización previstos.
- DESVIACIÓN. Hecho objetivo de no ajustarse a lo especificado.
- DISCONFORMIDAD/NO-CONFORMIDAD. Desviación que, una vez evaluada, mantiene una condición que debe de ser corregida.
- ENSAYO. Examen o comprobación de propiedades o características de un material o producto que sirve para formar un juicio sobre dichas características o propiedades.
- ESPECIFICACIÓN. Documento que establece los requisitos con los que un producto o servicio debe estar conforme.



- GESTIÓN DE LA CALIDAD. Aspecto de la función general de la gestión que determina y aplica la política de la calidad.
- GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL. Conjunto de funciones de la dirección cuya finalidad es desarrollar, realizar y mantener la política medioambiental de la empresa.
- INSPECCIÓN. Acción de medir, examinar, ensayar o verificar una o varias características de un producto o servicio y de compararlas con los requisitos especificados con el fin de establecer su conformidad.
- MANUAL DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE. Documento del sistema de calidad y medio ambiente, donde se concentra y desarrolla la política general de calidad y medio ambiente de la empresa, estableciendo los requisitos aplicables y las funciones a desempeñar por el personal de la misma.
- MANUAL DE PROCEDIMIENTOS. Documento que desarrolla los principios y actividades que se contemplan en el Manual de Calidad y Medio Ambiente y proporciona detalles concretos sobre el modo de realizar tales actividades.
- MEDIO AMBIENTE. Entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.
- MEJORA CONTINUA. Proceso programado, sistemático y periódico con el objeto de mejorar la calidad y el comportamiento medioambiental de la empresa en su conjunto, de acuerdo a la política de calidad y medio ambiente.
- META MEDIOAMBIENTAL. Requisito detallado de actuación aplicable a la organización o a parte de la misma, que proviene de los objetivos medioambientales y que debe establecerse y cumplirse en orden.
- NORMA. Especificación técnica aprobada por una institución reconocida con actividades de normalización, para su aplicación repetida o continua, y cuya observancia no es obligatoria.
- OBJETIVOS. Son los fines que la organización se propone alcanzar, programados cronológicamente y cuantificados en la manera de lo posible.
- ORGANIZACIÓN. Conjunto de personas e instalaciones con una disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones.
- PLAN DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE. Documento que recoge las formas de operar, los recursos y la secuencia de actividades ligadas a la calidad y al medio ambiente que se refieren a un



determinado producto, servicio, contrato o proyecto, y que sirven para alcanzar los objetivos y metas previstos.

- PLANES DE EMERGENCIA. Planes que describen las actuaciones e iniciativas a realizar en caso de accidentes, condiciones de trabajo anormales e imprevistos.
- POLÍTICA DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE. Intenciones globales y orientación de una organización relativa a calidad y medio ambiente tal como se expresan formalmente por la alta dirección.
- PROCESO. Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
- PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN (P.P.I.). Documento específico para un proceso, que establece el listado secuencial de las operaciones de inspección y pruebas a efectuar a lo largo del mismo, las instrucciones para su realización y las personas o grupos que las realizan o supervisan.
- REGISTRO DE EMPRESA. Identifica la conformidad del sistema de aseguramiento de la calidad de una empresa respecto a los requisitos contenidos en la norma UNE-EN-ISO 9001:2000 que define un modelo de gestión de la calidad, y a las particulares identificadas para dicho sistema.
- REGISTRO. Documento que proporciona una evidencia objetiva del cumplimiento del Sistema de Calidad y Medio Ambiente.
- RESPONSABILIDAD LEGAL (DERIVADA DE UN PRODUCTO O SERVICIO). Término que se utiliza para describir la obligación impuesta a un fabricante o a otras personas de reparar las pérdidas relativas a daños personales o materiales u otros perjuicios causados por un producto o servicio.
- REVISIÓN DEL SISTEMA. Evaluación formal, realizada por la Dirección General, del estado en que se encuentra el sistema de calidad y medio ambiente y su adecuación a lo que establece la política de calidad y medio ambiente y a los nuevos objetivos que se deriven de la evolución de circunstancias cambiantes.
- SATISFACCIÓN DEL CLIENTE. Percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.
- SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE. Conjunto de la estructura de organización, de responsabilidades, de procedimientos, de procesos y de recursos que se establecen para llevar a cabo la gestión de la calidad y del medio ambiente.



- SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD. Verificación y seguimiento del estado en que se encuentran los procedimientos, métodos, condiciones de ejecución, procesos, productos y servicios, así como el análisis de los resultados registrados, comparándolos con referencias establecidas para asegurar que se cumplen los requisitos especificados de la calidad.
- TRAZABILIDAD. Capacidad para reconstruir el historial, utilización o localización de un artículo o de una actividad, o de artículos o actividades similares, mediante una identificación registrada.

5. PROCEDIMIENTO GENERAL DE NO CONFORMIDADES Y ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS

5.1. Objeto

El objeto de este procedimiento es definir las actividades a realizar para la identificación, tratamiento y solución de no conformidades, y para el establecimiento de las acciones preventivas y correctivas que de ellas se deriven.

La identificación de la no conformidad puede realizarla el Equipo de Obra, la Unidad de Calidad y Medio Ambiente de la Obra, el Técnico de Prevención de Obra y los Técnicos del Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente en sus visitas de apoyo o la Unidad de Auditorías Internas de Prevención, Calidad y Medio Ambiente en sus visitas de control. También se trata como no conformidad cualquier reclamación del Cliente, de la Inspección de Trabajo u otros Órganos Oficiales, tanto en materia de Prevención de Riesgos como Ambientales, o de terceras partes que pudieran producirse.

Además de resolver la no conformidad, el Jefe de Obra analizará las posibles causas para tomar las acciones correctivas oportunas que eliminen dichas causas y eviten la repetición del problema. En lugar de correctivas, serán preventivas cuando el problema no haya llegado a producirse, pero se prevea su aparición por el análisis de tendencias o indicios observados.

El Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, realizará un análisis de las No Conformidades detectadas en las obras y departamentos de la Empresa, evaluándolas, y proponiendo Acciones Correctivas y/o Preventivas considerando los aspectos más relevantes.

5.2. Alcance

Tratamiento de los productos, unidades de obra y procesos no conformes detectados en inspecciones y ensayos de recepción, de proceso o finales y en visitas de control realizadas por la Unidad de Auditorías Internas de Prevención, Calidad y Medio Ambiente.



Las acciones correctivas y preventivas se aplicarán para resolver las causas de aparición de no conformidades reales o potenciales, incluyendo el tratamiento eficaz de posibles reclamaciones de Clientes, de la Inspección de Trabajo, de Organismos Oficiales o reclamaciones de terceras partes afectadas que pudiesen producirse.

Quedan excluidas del alcance de este procedimiento las Acciones Correctivas que pudieran emitirse como consecuencia de desviaciones del Sistema observadas durante Auditorías Internas.

5.3. Referencias

Normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001.

5.4. Responsabilidades

El Jefe de Obra (y, de existir para la Obra, el Jefe de la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o el Técnico de Prevención) son responsables de:

- Analizar la no conformidad. Evaluar posibles soluciones. Proponer la disposición más adecuada.
- Requerir la aprobación del Jefe de Grupo en las no conformidades graves.
- Transmitir los Informes de No Conformidad y Acción Correctiva al Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente a la mayor brevedad posible.
- Comprobar la realización y efectividad de la disposición aprobada.
- Cuando el origen sea una queja o reclamación, comunicar su resolución a la persona, entidad u organismo origen de la misma.
- Realizar el control y seguimiento de la acción correctiva adoptada con objeto de eliminar las causas que la han provocado. Desarrollar medidas preventivas que eviten su repetición.

El Jefe de Grupo de Obras debe aprobar las disposiciones a adoptar frente a no conformidades graves.

Todo el personal debe identificar y comunicar de inmediato al Jefe de Obra cualquier no conformidad detectada, en especial las situaciones de peligro grave e inminente.

La Unidad de Auditorías Internas de Prevención, Calidad y Medioambiente debe comprobar en las visitas de control que no existen no conformidades en la obra no documentadas.

El Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, realiza un análisis de las No Conformidades detectadas en las obras y departamentos

de la Empresa, evaluándolas, y proponiendo Acciones Correctivas y/o Preventivas considerando los aspectos más relevantes.

5.5. Desarrollo

5.5.1. Tratamiento de no conformidades

El tratamiento de las no conformidades sigue las siguientes etapas:

- la identificación y comunicación de la no conformidad detectada,
- el examen según métodos de ensayo o inspección contrastados,
- un análisis de posibles disposiciones para resolver la no conformidad,
- la aprobación de la disposición propuesta,
- la adopción de la disposición aprobada, y
- el cierre de la no conformidad.

5.5.1.1. Identificación y comunicación

En obra, todo el personal puede identificar una no conformidad en el desarrollo de sus responsabilidades, entre las que se encuentran el velar por que las condiciones en que se realizan son seguras, tanto para él mismo como para el resto de trabajadores, que no se producen daños en el entorno más allá de los propios de los trabajos, y que se cumplen los requisitos del Proyecto, además de los normativos y legales que sean de aplicación.

Cualquier incumplimiento de los puntos anteriores debe ser inmediatamente comunicado al Jefe de Obra y al Jefe de la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o al Técnico de Prevención en Obra, cuando estos existan. Esta comunicación es verbal y documentada si se ha detectado en una inspección con ficha de control asociada, ya sea de control de riesgos en obra, o de calidad y medio ambiente, mediante la propia ficha de control de inspección.

Mientras no se adopte una disposición en base al alcance y gravedad de la desviación, si se trata de un material se coloca en una zona de almacén u obra reservada a tal efecto, y si es una unidad de obra ejecutada se señala.

5.5.1.2. Determinación del Alcance y Gravedad de la No Conformidad

Para determinar el alcance y la gravedad de la No Conformidad, cuando no baste el examen visual, el Jefe de Obra puede realizar inspecciones o ensayos según métodos internos o externos debidamente contrastados. Para ello puede requerir:

- la colaboración del Departamento Técnico y de Gestión del Conocimiento, o



- la colaboración del Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente, o
- la inspección o ensayo adecuado al Laboratorio colaborador de la obra o, si no está capacitado, a otro previamente evaluado y con la homologación oportuna, o
- la medición y comprobación geométrica que proceda al Topógrafo, o
- cualquier otro que ayude a delimitar su alcance y, en consecuencia, su gravedad.

Una vez determinado el alcance de la desviación, el Jefe de Obra evalúa la gravedad de la No Conformidad, diferenciando:

- a) No Conformidades Leves: son aquellas desviaciones que, sin estar tipificadas como No Conformidades Graves de acuerdo con el punto siguiente, requieren realizar un seguimiento de las mismas para comprobar que se cierran de forma adecuada.
- b) No Conformidades Graves: son aquellas desviaciones que, en líneas generales, implican un incumplimiento de requisitos normativos o legales, reclamaciones de Cliente, de la autoridad laboral, o de terceras partes, y aquellas que el Equipo de Obra no puede resolver por sus propios medios. En todo caso, se considerarán, siempre como No Conformidades Graves aquellas desviaciones, propias o de subcontratistas, que impliquen:
 - Cálculos, estudios y/o ensayos alternativos a los inicialmente previstos,
 - Incremento en el coste o en el plazo de la obra,
 - Incremento de los recursos necesarios para no retrasar la obra,
 - Demoliciones, reconstrucciones o reparaciones de elementos o unidades de obra ya ejecutada,
 - Cualquier queja o reclamación del Cliente, de la Dirección de Obra o de terceras partes (vecinos, asociaciones, entidades ecologistas, ...),
 - independientemente de si son o no justificadas,
 - Unidades de obra o elementos que, sin cumplir los requisitos contractuales, y/o normativos, sean aceptados por el Cliente o la Dirección de Obra.
 - Cualquier incumplimiento de los requisitos legales aplicables, con especial relevancia aquellos incluidos en la Declaración de Impacto Ambiental, cuando exista,
 - Vertidos al terreno o a aguas continentales o marítimas no autorizadas o que superen los límites establecidos en las correspondientes autorizaciones,
 - Denuncias, Multas o propuestas de multas de Organismos Oficiales de ámbito Local, Autonómico o Estatal, en materia de Seguridad y Salud o

- Ambiental,
- Anotaciones en el Libro de Incidencias de los que se informe a la Inspección de Trabajo,
- Anotaciones en el Libro de Visitas con incumplimientos o paralizaciones (que no se refieran a requerimientos documentales),
- Cualquier incidente, ya sea accidente o siniestro (rotura de servicios afectados, colapso de medios auxiliares,...), excepto accidentes sin baja,
- Cualquier paralización de tajos, independientemente de quien provenga la orden (Inspección de Trabajo, Jefe de Obra, Técnico de Prevención, Calidad y Medio Ambiente,...).
- Cualquier acción de subcontratistas que implique el inicio de Procedimiento
- Sancionador tipificadas como Grave o Muy Grave, según Procedimiento.

5.5.1.3. Análisis de posibles soluciones para resolver la no conformidad

Una vez determinada la gravedad de la desviación, el Jefe de Obra y, cuando existe, el Jefe de la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o el Técnico de Prevención en obra, determina si pueden resolverla por sus propios medios.

Esta opción, que no da origen a documentar la no conformidad en el formato del anexo III, se adopta en dificultades normales de ejecución que pueden ser tratadas sin incidencias mediante disposiciones adicionales.

Las No Conformidades Leves que no se resuelven de inmediato, y requieren por tanto un seguimiento para garantizar que se comprueba su cierre, se documentan en el registro de "Incidencias de la Obra" (anexo I). Cuando se trata de una No Conformidad Grave se documenta en el formato de "No Conformidad" (anexo II), indicando las disposiciones propuestas y la recomendada para su cierre, y remitiendo inmediatamente copia al Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente.

La desviación debe ser descrita de forma clara y completa, con referencia a planos, especificaciones, procedimientos, tanto en sentido cualitativo, como ambiental o de seguridad, y/o evidencias que la sustentan. Las posibles disposiciones a adoptar, entre otras, son del tipo:

- Devolver el material al proveedor para que lo reemplace por otro en correctas condiciones. El material se coloca en una zona predefinida con un rótulo que advierta de su estado hasta su devolución para que no se utilice por error.



- Reparar el material o unidad de obra. Para ello se identifica con un rótulo que advierta de la reparación pendiente, se describe la reparación con procedimientos si es necesario, y se inspecciona al final para comprobar la efectividad de la reparación. Cuando se trata de un elemento estructural o un equipo del que dependa la seguridad de la obra, se realiza bajo la aprobación del Jefe de Grupo y del Director de Obra.
- Rechazar el material por no poderse devolver al proveedor. Se procede a su ubicación en la zona de desechos pertinente, convenientemente señalizada.
- Rechazar la unidad de obra ejecutada por anomalías graves no corregibles. En este caso se procede a su demolición o desmontaje.
- Restaurar los daños ambientales producidos en la medida de lo posible y extremar las medidas preventivas para minimizar sus efectos.
- Aceptar el material o unidad de obra no conforme. En estos casos, que deben ser excepcionales, debe contarse con la aprobación explícita de la Dirección de Obra.
- Corregir las condiciones inseguras o insalubres que hayan dado lugar al requerimiento, anotación en el Libro de Incidencias, multas o paralizaciones de tajos.

5.5.1.4. Aprobación de las disposiciones a adoptar

El Jefe de Grupo revisa y aprueba las disposiciones a adoptar, firmando el propio documento de No Conformidad, o incluso de forma telefónica cuando la urgencia o agilidad lo requiera. Tras ello se somete a la aprobación del Director de Obra cuando es consecuencia de una causa ajena a la responsabilidad de La Empresa, o contractualmente se haya establecido la obligación de informar y obtener aprobación sobre la posible utilización o reparación de productos no conformes.

5.5.1.5. Adopción de las disposiciones aprobadas

El Jefe de Obra y el Jefe de la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o el Técnico de Prevención en la obra comprueban la realización de las disposiciones aprobadas para tratar la no conformidad.

5.5.1.6. Comprobación de las disposiciones y cierre de la no conformidad

Una vez realizadas las disposiciones se comprueba de nuevo que satisface TODOS los requisitos exigidos, ya sean los incluidos en el Plan de Seguridad, en P.P.I., Plan de ensayos o Procedimiento Ambiental, y no sólo los que no se satisfacían. Esta medida es trascendental para garantizar que la reparación, restauración o medidas adoptadas no han resuelto unas desviaciones pero ha provocado otras.

Si persiste alguna deficiencia, se evalúa la no conformidad resultante, reiniciándose el ciclo en caso necesario.

Comprobados los resultados por el Jefe de Obra, conjuntamente con el Jefe de la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o con el Técnico de Prevención en obra cuando existan, e incluso por el Jefe de Grupo y/o el Director de Obra cuando así se estipule, se da por cerrada la no conformidad, firmando y fechando el informe.

Si el origen de la no conformidad es una queja, reclamación de Cliente o incluso denuncia, el Jefe de Obra deja constancia escrita de la comunicación de la resolución de la misma, dando posteriormente por cerrada dicha reclamación.

El informe se archiva como registro del Sistema y se remite copia al Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente.

5.5.2. Acciones correctivas

Además de resolver las no conformidades, el Jefe de Obra analiza las posibles causas para tomar las acciones correctivas oportunas que eliminen dichas causas y eviten la repetición del problema. Una no conformidad individual por su importancia en seguridad o coste puede dar lugar al estudio de la causa y acción correctiva consecuente.

Toda desviación detectada en Auditorias Internas y Externas tiene como consecuencia la apertura de una Acción Correctiva.

5.5.2.1. Documentación de las acciones correctivas

El Jefe de Obra documenta las acciones en un informe (anexo III) cuando su magnitud requiere medios y decisiones fuera de su ámbito de competencia, para lo que requiere la aprobación del Jefe de Grupo.

También se documentan cuando, como resultado de realizar un análisis de las no conformidades leves documentadas en las Fichas de Control de Inspección, en el Informe de Incidencias de la Obra y en los Informes de No Conformidad, se observan tendencias repetitivas en este tipo de no conformidades.

En cualquier caso, deben documentarse acciones correctivas como conclusiones a los Informes de Investigación de Incidentes.

5.5.2.2. Identificación de las posibles causas

El enfoque propuesto en La Empresa para el análisis de problemas consiste en determinar primero todas las posibles causas antes de considerar

prematuramente una única y una acción inmediata. Luego se valora la explicación del problema por cada causa.

Seleccionada una o varias causas, se confirman mediante pruebas que reproduzcan la situación producida o prevista. En este proceso conviene que participen diferentes miembros del Equipo de Obra, de la Unidad de Calidad y Medio Ambiente o el Técnico de Prevención, de forma que aporten visiones complementarias.

5.5.2.3. Selección de las acciones correctivas

Comprobadas las causas, se procede a su valoración mediante ventajas e inconvenientes (por ejemplo, coste, impacto, riesgos presentes y futuros, etc.) dando como resultado una disposición que puede incluir una o varias acciones correctivas.

En cada acción se debe definir el plazo y el responsable para acometerla.

5.5.2.4. Aprobación de las acciones correctivas

El Jefe de Obra presenta el informe de acciones correctivas y/o preventivas al Jefe de Grupo para su aprobación y para que se faciliten los medios necesarios para aplicarlas.

Una vez aprobadas y realizadas las acciones correctivas o preventivas, el Jefe de Obra verifica mediante las inspecciones o ensayos aplicables que han sido eficaces para eliminar las causas, en cuyo caso firma y fecha la correspondiente casilla de cierre.

Si las acciones correctivas presentan alguna deficiencia, se evalúa la no conformidad resultante, reiniciándose el ciclo en caso necesario.

Una copia de los informes se remiten al Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente.

Para el caso de las AC emitidas por el departamento de PCMA, será el departamento de PCMA el que planifique para cada una de ellas la fecha de comprobación de la eficacia y solicite las evidencias para demostrar que el cierre de las mismas ha sido adecuado y que realmente se han solucionado las causas que la motivaron. En el caso de AC detectadas a través de las auditorias internas, estas también serán emitidas por el departamento de PCMA.

5.5.3. Acciones preventivas

Las acciones son preventivas cuando el problema no haya llegado a producirse, pero se prevea su aparición por el análisis de tendencias o indicios observados.

También se estudian acciones preventivas como resultado del análisis de los resultados de auditorías internas o externas o de la revisión de los registros de prevención, de calidad y de medio ambiente.

La operativa es análoga a la descrita para las acciones correctivas.

La Empresa insta a todo su personal hacia la prevención como factor clave en la seguridad propia y la de los que nos rodean, del respeto al entorno en el que trabajamos, y del cumplimiento de los requisitos de calidad aplicables, motivando a que toda persona actúe con esta orientación en su trabajo.

Si una persona detecta o prevé un problema fuera de su ámbito de actuación, es su responsabilidad la comunicación inmediata al responsable del Área correspondiente. En caso de dudar a qué Área corresponde la solución del problema, debe comunicarlo al Departamento de Prevención, Calidad y Medio Ambiente.

Por otro lado, el Departamento Prevención, Calidad y Medio Ambiente, analiza las causas de las No Conformidades detectadas en las obras y departamentos, las detectadas en las auditorías internas y externas, las recogidas como reclamaciones o quejas, las anotaciones en el Libro de Incidencias o de Visitas, de las reparaciones en garantía, y aquellas comunicaciones, tanto internas como externas, más relevantes. Con esta información analiza tendencias, y las considera como elemento de entrada para la Revisión del Sistema, si el plazo de solución lo permite, para la determinación de las mejoras oportunas del Sistema.

5.6. Registros

Los informes de no conformidad y de acciones correctivas y preventivas son registros del Sistema de Prevención y del Sistema de Calidad y Medio Ambiente y deben archivarlos como mínimo cinco años.



6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

6.1. Diseño y tipo de estudio

En los apartados siguientes se trata de justificar la utilización de la metodología de investigación correlacional. La investigación persigue medir el grado de relación existente entre dos o más conceptos o variables. La utilidad y el propósito principal del estudio son saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas.

La observación sistemática es aquella que tiene como objetivos la recogida de datos con fines científicos. Esta recogida de datos debe proporcionar un conocimiento objetivo, replicable, fiable y válido. En la metodología observacional o correlacional estudiamos los hechos tal y como suceden, sin intervención sobre ellos.

Es un estudio correlacional, el cual tiene como propósito conocer la relación entre las variables número de no conformidades o coste de no conformidades con variables del tipo presupuesto de adjudicación, incrementos sobre la adjudicación inicial, desviaciones de plazo y variables cualitativas como tipo de obra o tipo de cliente.

6.2. Población y muestra.

6.2.1. Población.

Es cualquier conjunto de unidades o elementos como personas, municipios, empresas, etc. claramente definido para el cual se calculan las estimaciones o se busca la información. En el caso de estudio es la cartera de obras de la empresa estudio. Como es imposible obtener datos de toda la población es conveniente extraer una muestra de obras que sea representativa.

6.2.2. Muestra.

La población de obras se ha dividido en un muestreo estratificado no proporcional, en el que se ha aplicado un criterio de selección pre-establecido a la muestra con información más completa.

6.3. Recogida de información.

La recopilación de datos se ha obtenido de la colaboración del departamento de calidad y medio ambiente así como la de los técnicos de calidad y medio ambiente de las obras en estudio.

La información proviene totalmente de la empresa y se ha clasificado en función de diferentes variables.

6.3.1. Obras en estudio.

Clave Obra	Descripción corta	Clase - Área	Sector - Ámbito
OBRA 1	Variante Borges Blanques	Obras públicas / Viales	Público / Autonómica
OBRA 2	Centro Penitenciario Arrecife (Lanzarote)	Edificación / Institucionales	Público / Estatal
OBRA 3	Urb. Pla parcial subsector 2 Port Aventura	Obras públicas / Urbanismo	Privado / Internacional
OBRA 4	Orden. Espac. Ext. MUVIM 2ª Fase	Obras públicas / Urbanismo	Público / Autonómica
OBRA 5	Ute Tocon - Valderrubio	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 6	Presa Arroyo Regajo. La rioja	Obras públicas / Hidráulica	Público / Autonómica
OBRA 7	Ute Hospital De Melilla	Edificación / Institucionales	Público / Estatal
OBRA 8	Puerto De Garachico	Obras públicas / Marítima	Público / Autonómica
OBRA 9	U.t.e. Via Artabra I	Obras públicas / Viales	Público / Autonómica
OBRA 10	Urban. Sector Sanxo Llop. Gandia	Obras públicas / Urbanismo	Privado / Local
OBRA 11	Reordenació Rambla Lluch. Gavà	Obras públicas / Urbanismo	Público / Local
OBRA 12	Espais públics entorns Aj i Cra. Esplúgues	Obras públicas / Urbanismo	Público / Local
OBRA 13	Ute Llosa Del Cavall	Obras públicas / Hidráulica	Público / Estatal
OBRA 14	Habitatges Ripollet-Parcela R9. Fase 2.	Edificación / Residencial	Público / Local
OBRA 15	Urb. Rda. Dalt-Av. Meridiana i Ctra Ribes	Obras públicas / Viales	Público / Local
OBRA 16	Trabajos Ute Rio Nonaya	Obras públicas / Hidráulica	Público / Autonómica
OBRA 17	Ute Langreo	Obras públicas / Viales	Público / Autonómica
OBRA 18	Ute CP El Catllar	Edificación / Institucionales	Público / Autonómica
OBRA 19	Peatges Tarragona, Reus, VilaSeca/Salou	Obras públicas / Viales	Público / Estatal
OBRA 20	Ute Can Sant Joan	Edificación / Institucionales	Privado / Internacional
OBRA 21	Urbanització Sector H-11 Bellisens	Obras públicas / Urbanismo	Privado / Local
OBRA 22	Acondicionamiento Ponte Do Porto Laxe	Obras públicas / Viales	Público / Autonómica
OBRA 23	Reconv. Edificio Onix I A Hotel Tadeloren	Edificación / Residencial	Privado / Local
OBRA 24	Obra Civil Lineal Matallana-Cistierna	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 25	Montaje De Vía Tramo: Ourense-O Irixe	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 26	Refuer muelles bloque. Muelle Barcelona	Obras públicas / Marítima	Público / Estatal
OBRA 27	Centro Cultural Hoya Del Paso	Edificación / Institucionales	Público / Local
OBRA 28	Renovación De Vía Entre Roiz Y Treceño	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 29	Superestructura Prat - Bifurcació L9	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Autonómica
OBRA 30	Ute Terminal Muelle Prat	Obras públicas / Urbanismo	Privado / Autonómica
OBRA 31	2ª Intervenc Terraplen Gaucin-Jimena	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 32	Pequeñas Obras Feve 2011	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 33	Ceip Siete Palmas. Las palmas G.C.	Edificación / Institucionales	Público / Autonómica
OBRA 34	Ceip La Paredilla, Santa Lucia De Tirajana	Edificación / Institucionales	Público / Autonómica
OBRA 35	Ute Edar Taramundi	Obras públicas / Hidráulica	Público / Autonómica
OBRA 36	Rehabil. Urb. Puerto rico. T.m. Mogan.	Obras públicas / Urbanismo	Público / Autonómica
OBRA 37	Sustit de Balasto En Redondela y Vigo	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 38	Presa Belesar II	Obras públicas / Hidráulica	Privado / Internacional
OBRA 39	Bva-Befesa Valorización De Azufre	Obras públicas / Medio Ambiente	Privado / Estatal
OBRA 40	Adeuc. Anden Nº 3 en Santiago De Comp	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Estatal
OBRA 41	Nave Distribucion Zal II	Edificación / Industrial	Privado / Estatal
OBRA 42	Rehabil. Avda. Las Palmeras G.C.	Obras públicas / Urbanismo	Público / Autonómica
OBRA 43	Estanques De Tormentas Bolaños y Alma	Obras públicas / Hidráulica	Público / Estatal
OBRA 44	Ampl Term ferroviaria muelle sur. Fase2a	Obras públicas / Ferroviaria	Público / Local
OBRA 45	Palacio Multiusos De Gran Canaria	Edificación / Institucionales	Público / Autonómica

Tabla 6. Obras en estudio. Datos descriptivos generales.

- **Clase de obra:** Se agrupan las obras en dos grandes grupos según sea obra civil o edificación.

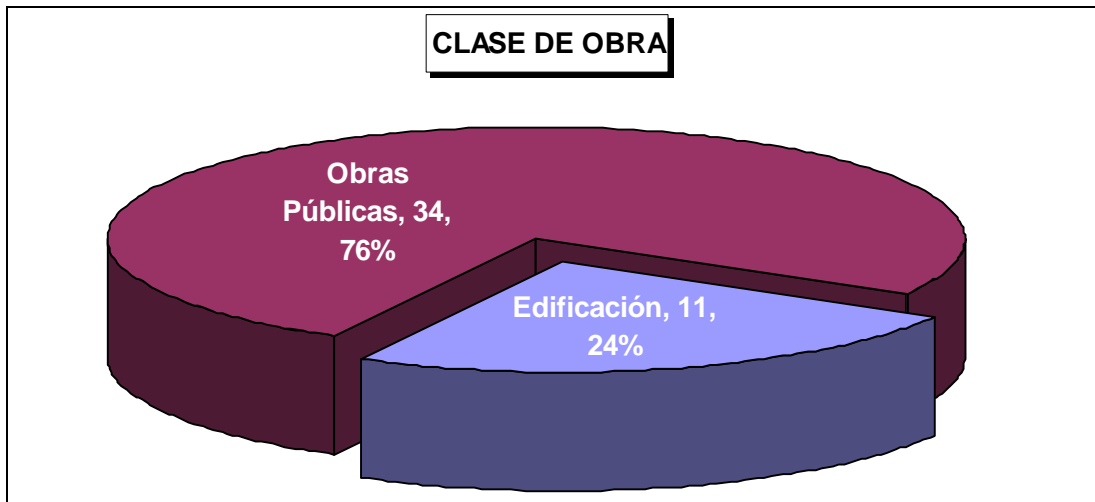


Figura 4. Clase de Obra

- **Área de construcción:** Se dividen los dos grupos anteriores en varios subgrupos según su naturaleza (ferroviario, hidráulica, marítima, medio ambiente, urbanismo o viales, en el caso de obras públicas; institucionales, industrial o residencial en el caso de edificación).

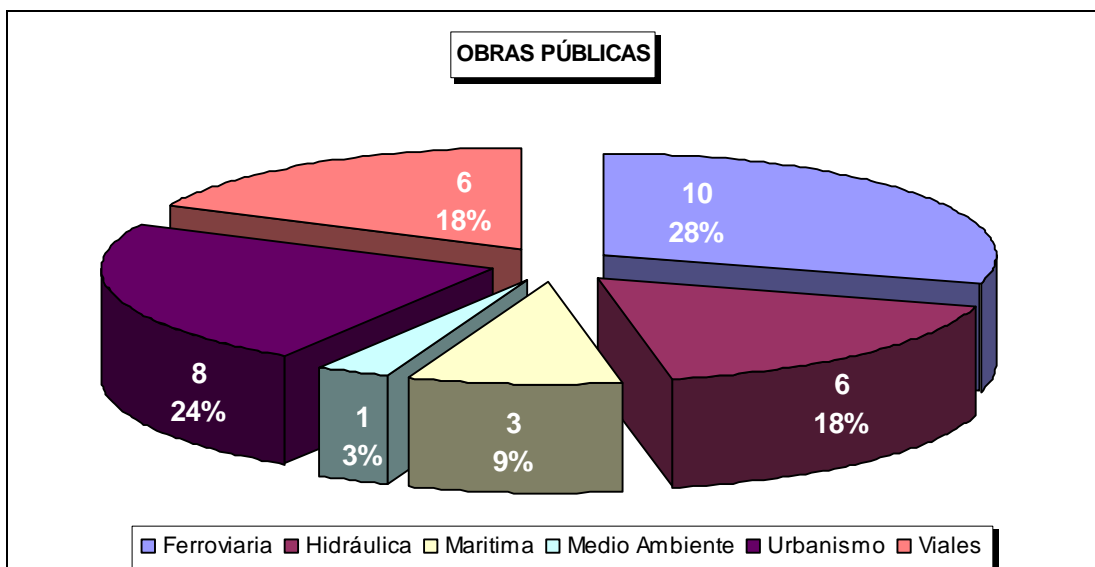


Figura 5. Tipos de Obras Públicas

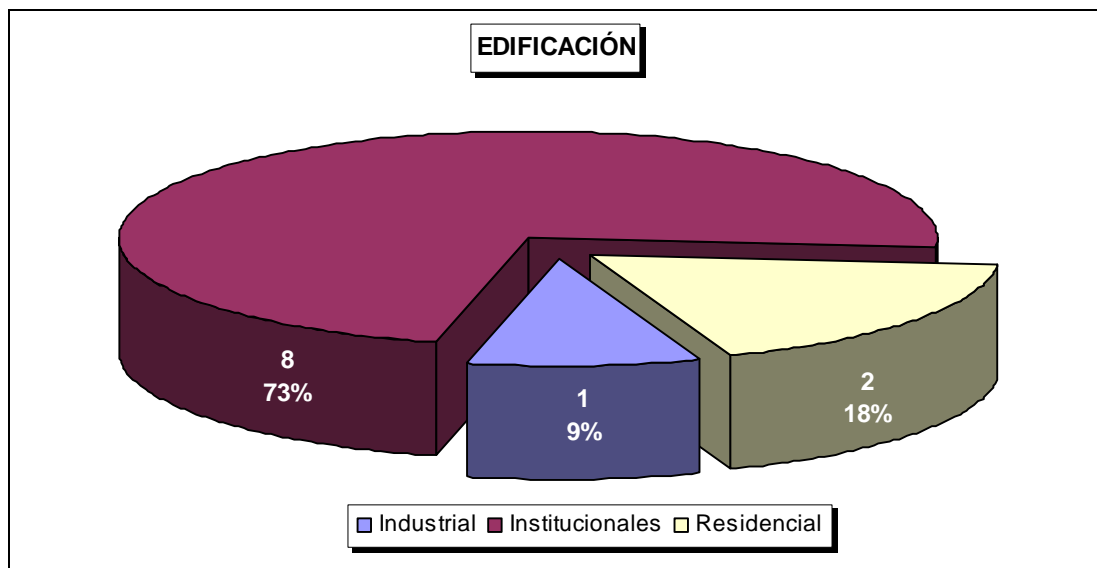


Figura 6. Tipo de Edificación

- **Tipo de sector:** Se caracteriza a la obra en obras del sector privado o público.

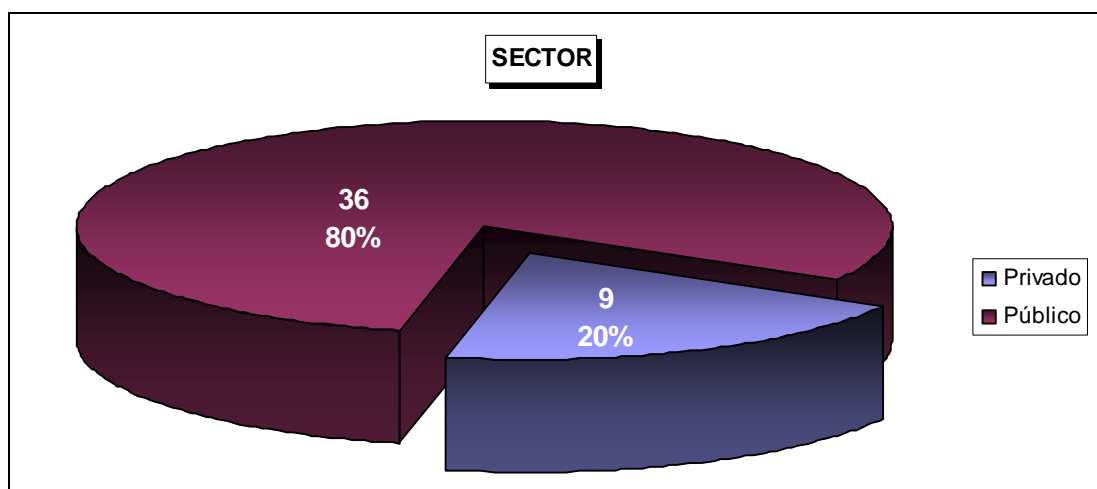


Figura 7. Tipo de Sector

- **Ámbito geográfico:** Se distingue en este caso obras de ámbito local, autonómico, estatal o internacional.

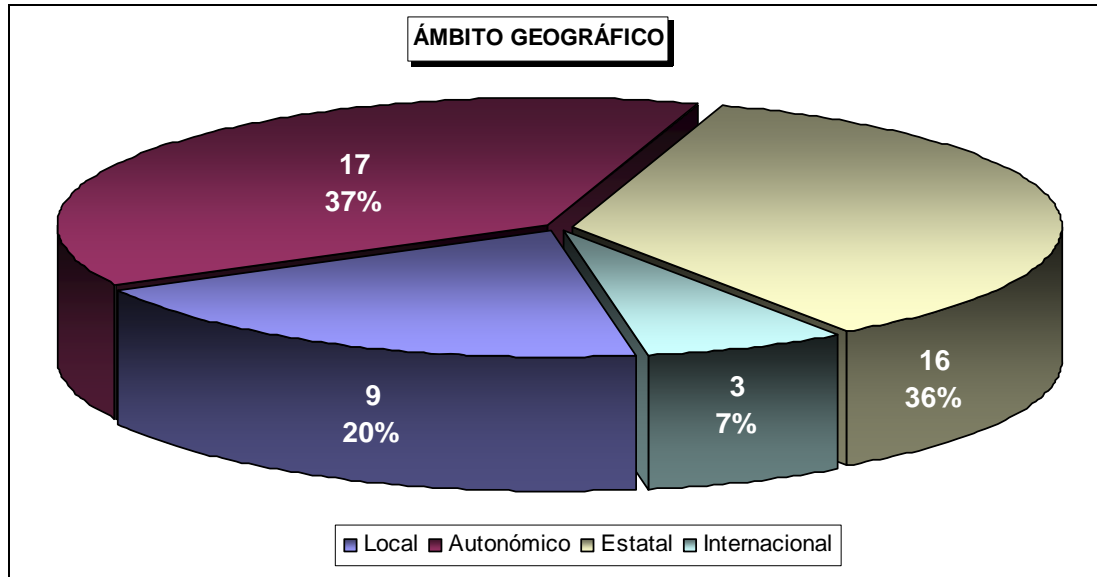


Figura 8. Ámbito geográfico

Clave Obra	Empresas	Participación	Plazo	Fecha de adjudicación	Importe de adjudicación	Fecha de finalización	Importe de ejecución final
OBRA 1	ÚNICA	100%	12	29/09/2005	3.279.226,00	18/03/2008	4.229.226,75
OBRA 2	ÚNICA	100%	24	04/05/2006	14.704.776,95	04/02/2011	23.343.661,02
OBRA 3	ÚNICA	100%	14	12/07/2006	22.481.719,16	29/02/2008	32.703.525,80
OBRA 4	UTE	60-40	30	09/07/2007	3.188.704,03	19/12/2011	3.188.704,03
OBRA 5	UTE	60-40	32	01/08/2008	59.793.139,66	30/01/2011	69.728.084,27
OBRA 6	ÚNICA	100%	20	23/07/2008	5.242.207,92	15/12/2011	6.045.956,58
OBRA 7	UTE	50-50	39	01/01/2009	38.432.402,72	13/01/2013	38.432.402,72
OBRA 8	UTE	40-30-30	34	05/09/2008	31.571.428,57	10/09/2011	32.761.442,48
OBRA 9	UTE	50-30-20	20	21/11/2008	22.966.342,47	09/02/2012	29.791.677,59
OBRA 10	UTE	70-30	17	15/01/2009	16.811.984,79	10/07/2011	16.811.984,79
OBRA 11	ÚNICA	100%	7	20/02/2009	1.345.173,09	22/12/2009	1.446.898,29
OBRA 12	ÚNICA	100%	8	16/03/2009	4.246.378,13	30/04/2010	4.666.862,44
OBRA 13	UTE	52,5-47,5	21	02/07/2009	30.315.393,33	25/11/2012	35.772.164,13
OBRA 14	ÚNICA	100%	22	06/08/2009	13.251.093,38	27/09/2011	13.113.781,36
OBRA 15	ÚNICA	100%	11	26/06/2009	3.688.461,77	23/08/2010	3.967.305,03
OBRA 16	ÚNICA	100%	35	05/08/2009	6.485.654,45	02/10/2012	6.591.666,14
OBRA 17	UTE	57,5-42,5	36	18/08/2009	46.697.606,33	06/11/2012	46.697.606,33
OBRA 18	UTE	63,5-36,5	25	31/07/2009	88.069.676,41	31/12/2012	92.764.160,09
OBRA 19	ÚNICA	100%	9	12/11/2009	6.600.085,80	17/04/2011	6.817.932,47
OBRA 20	UTE	50-40-10	18	10/11/2009	35.618.618,35	04/04/2012	26.176.174,47
OBRA 21	ÚNICA	100%	5	24/12/2009	3.000.000,00	07/06/2010	3.344.817,00
OBRA 22	UTE	60-40	14	23/03/2010	2.368.060,06	29/06/2011	2.772.070,75
OBRA 23	ÚNICA	100%	11	22/03/2010	6.290.000,00	05/10/2011	5.796.794,58
OBRA 24	ÚNICA	100%	5	30/04/2010	957.323,06	16/09/2011	957.323,06
OBRA 25	ÚNICA	100%	6	03/05/2010	9.824.652,27	31/12/2011	10.919.785,80
OBRA 26	ÚNICA	100%	5	01/06/2010	1.839.145,29	29/04/2011	1.839.145,29
OBRA 27	ÚNICA	100%	5	21/07/2010	2.591.941,41	15/07/2011	2.591.941,41
OBRA 28	ÚNICA	100%	5	29/07/2010	2.412.691,21	18/03/2011	2.412.691,21
OBRA 29	ÚNICA	100%	18	23/09/2010	18.688.241,38	30/04/2012	18.688.241,38
OBRA 30	UTE	60-40	22	01/01/2011	85.869.758,73	10/11/2012	87.359.987,49
OBRA 31	ÚNICA	100%	3	04/10/2010	188.739,74	30/04/2011	188.739,74
OBRA 32	ÚNICA	100%	2	01/06/2011	111.479,68	01/03/2011	118.290,76
OBRA 33	ÚNICA	100%	22	21/10/2010	4.207.556,56	28/01/2013	4.207.556,56
OBRA 34	ÚNICA	100%	19	17/11/2010	2.542.786,33	23/06/2012	2.542.786,33
OBRA 35	UTE	75-25	24	27/12/2010	1.944.280,68	02/03/2013	1.944.280,68
OBRA 36	ÚNICA	100%	9	02/01/2011	702.280,78	10/02/2012	798.197,92
OBRA 37	ÚNICA	100%	4	17/02/2011	1.095.359,63	31/08/2011	1.095.359,63
OBRA 38	ÚNICA	100%	20	17/02/2011	2.828.665,73	01/11/2012	3.046.214,79
OBRA 39	ÚNICA	100%	4	29/03/2011	425.064,20	31/07/2011	425.064,20
OBRA 40	ÚNICA	100%	7	06/04/2011	1.485.518,93	12/12/2011	1.775.974,65
OBRA 41	ÚNICA	100%	11	12/04/2011	12.374.750,24	26/05/2012	12.415.240,99
OBRA 42	ÚNICA	100%	7	10/05/2011	797.549,94	21/04/2012	797.549,94
OBRA 43	ÚNICA	100%	10	20/07/2011	3.526.882,64	07/08/2012	3.526.882,64
OBRA 44	ÚNICA	100%	1	02/09/2011	249.084,71	12/12/2011	272.237,68
OBRA 45	UTE	70-30	23	30/09/2011	54.203.889,15	26/07/2013	54.203.889,15

Tabla 7. Obras en estudio. Datos económicos

- **Número de empresas:** Se discretiza entre obras de contratación directa a la empresa o por el contrario contratación a una unión temporal de empresas (UTE).
- **Participación** dentro de la UTE: Se divide la muestra según el número de empresas que conforman la UTE y su participación del total.

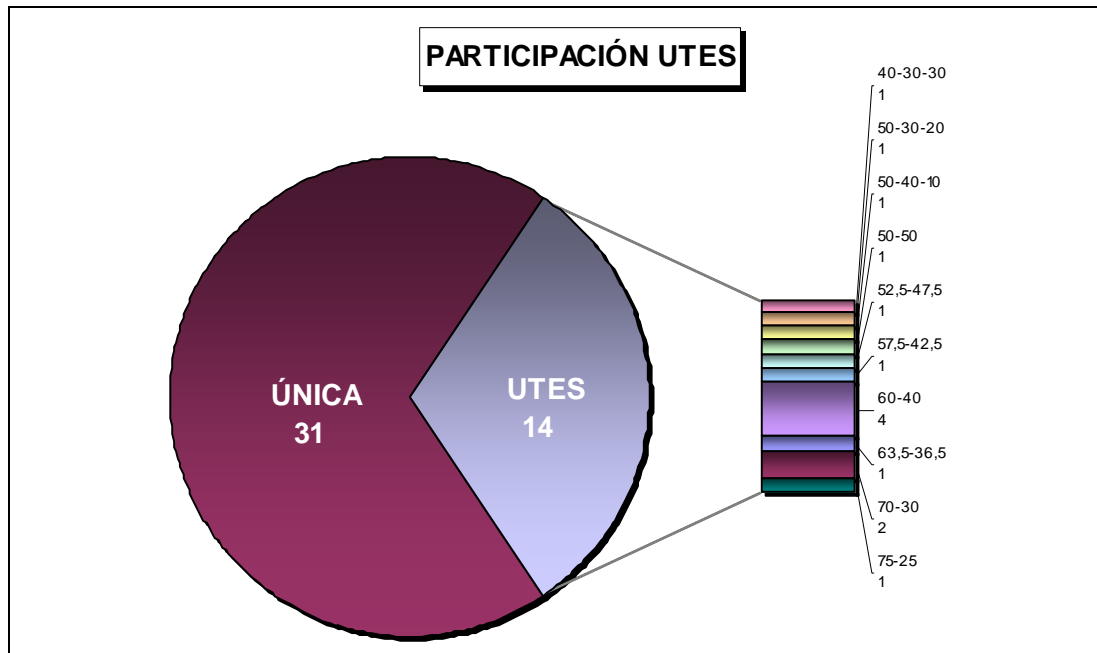


Figura 9. Gráfico tipo de contratación UTES vs. ÚNICA (%Participación en UTES)

- **Plazo:** Es el plazo por contrato para la ejecución de las obras
- **Fecha de adjudicación:** Es la fecha en la cual el cliente asigna el contrato de ejecución de la obra.
- **Importe de adjudicación inicial:** Corresponde a los presupuestos de adjudicación inicial sin IVA
- **Fecha de finalización:** Es la fecha de recepción final de las obras, ésta puede coincidir o no con la fecha de recepción por contrato, ante lo cual es posible que haya desviaciones de plazo
- **Importe de ejecución final** actualizado: Corresponde al presupuesto de ejecución por contrata actualizado sin IVA.

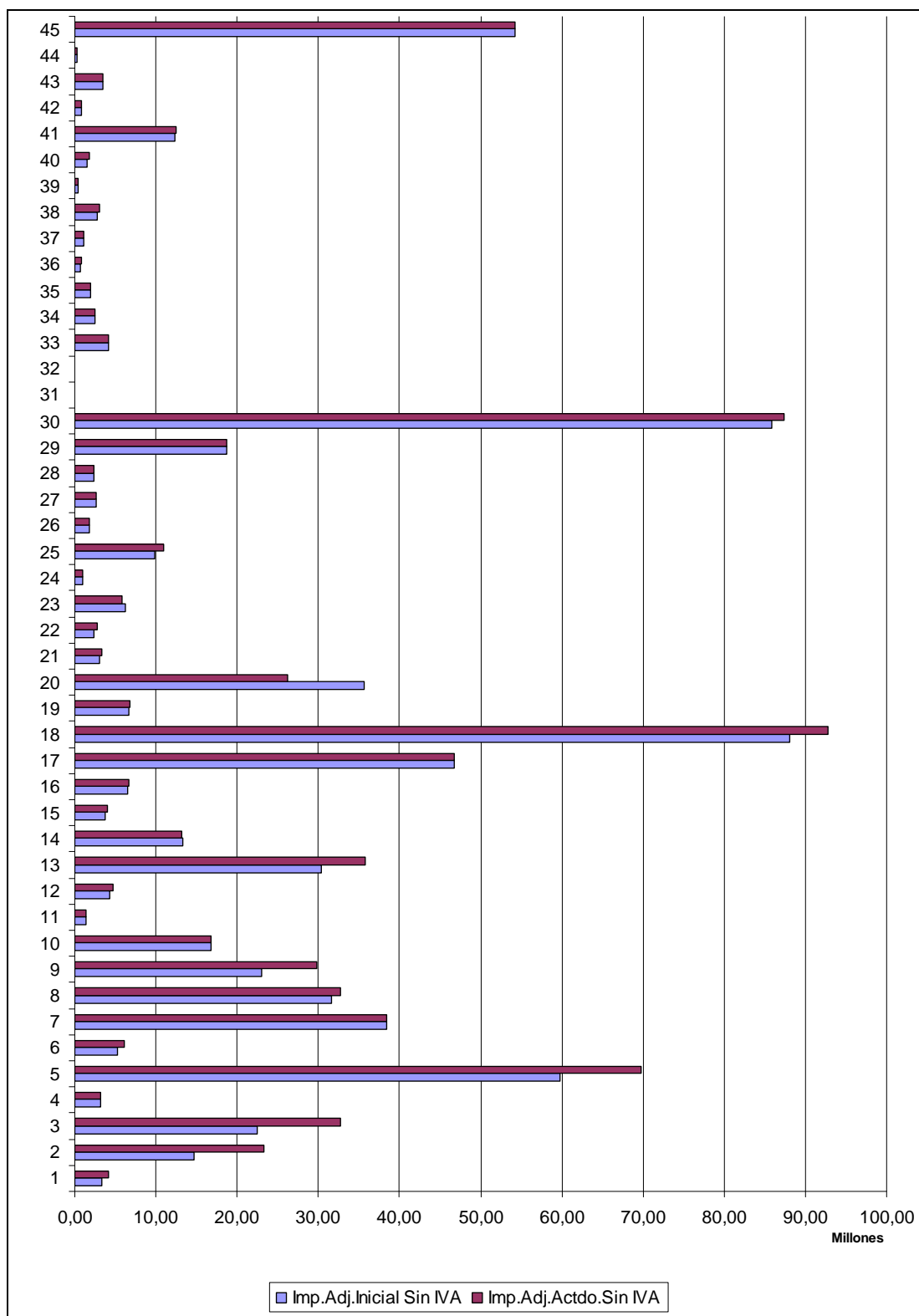


Figura 10. Gráfico de Importes de Adjudicación Inicial y Actualizado.

Clave Obra	Número de No Conformidades	Importe de No Conform.	Coste Medio No Conform.	N.C Crítica	N.C. Mayor	N.C. Menor
OBRA 1	5,00	49.350,00	9.870,00	1,00	1,00	3,00
OBRA 2	25,00	113.140,00	4.525,60	1,00	13,00	11,00
OBRA 3	10,00	216.700,00	21.670,00	0,00	2,00	8,00
OBRA 4	5,00	6.540,00	1.308,00	0,00	0,00	5,00
OBRA 5	180,00	214.700,00	1.192,78	1,00	8,00	171,00
OBRA 6	10,00	49.750,00	4.975,00	1,00	5,00	4,00
OBRA 7	62,00	168.005,00	2.709,76	0,00	3,00	59,00
OBRA 8	37,00	104.565,00	2.826,08	0,00	0,00	37,00
OBRA 9	16,00	194.035,00	12.127,19	1,00	8,00	7,00
OBRA 10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
OBRA 11	4,00	507,00	126,75	0,00	2,00	2,00
OBRA 12	11,00	7.454,00	677,64	1,00	9,00	1,00
OBRA 13	21,00	170.418,00	8.115,14	1,00	19,00	1,00
OBRA 14	54,00	130.955,00	2.425,09	0,00	2,00	52,00
OBRA 15	5,00	1.355,00	271,00	0,00	3,00	2,00
OBRA 16	8,00	18.772,00	2.346,50	0,00	0,00	8,00
OBRA 17	17,00	53.424,00	3.142,59	0,00	0,00	17,00
OBRA 18	79,00	208.780,00	2.642,78	1,00	4,00	74,00
OBRA 19	14,00	32.935,00	2.352,50	1,00	0,00	13,00
OBRA 20	38,00	90.940,00	2.393,16	0,00	0,00	38,00
OBRA 21	5,00	18.601,00	3.720,20	1,00	1,00	3,00
OBRA 22	3,00	2.251,00	750,33	0,00	1,00	2,00
OBRA 23	11,00	35.752,00	3.250,18	1,00	9,00	1,00
OBRA 24	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00
OBRA 25	28,00	81.636,00	2.915,57	2,00	0,00	26,00
OBRA 26	11,00	70.875,00	6.443,18	1,00	0,00	10,00
OBRA 27	3,00	4.905,00	1.635,00	1,00	0,00	2,00
OBRA 28	2,00	7.570,00	3.785,00	0,00	0,00	2,00
OBRA 29	5,00	750,00	150,00	0,00	0,00	5,00
OBRA 30	33,00	86.015,00	2.606,52	1,00	5,00	27,00
OBRA 31	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
OBRA 32	2,00	1.923,00	961,50	0,00	1,00	1,00
OBRA 33	4,00	20.680,00	5.170,00	0,00	0,00	4,00
OBRA 34	6,00	27.510,00	4.585,00	0,00	0,00	6,00
OBRA 35	3,00	19.315,00	6.438,33	0,00	0,00	3,00
OBRA 36	5,00	457,00	91,40	0,00	2,00	3,00
OBRA 37	6,00	38.495,00	6.415,83	0,00	0,00	6,00
OBRA 38	5,00	37.260,00	7.452,00	0,00	2,00	3,00
OBRA 39	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
OBRA 40	5,00	8.090,00	1.618,00	0,00	1,00	4,00
OBRA 41	10,00	67.655,00	6.765,50	0,00	0,00	10,00
OBRA 42	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
OBRA 43	9,00	26.430,00	2.936,67	0,00	7,00	2,00
OBRA 44	1,00	1.183,00	1.183,00	1,00	0,00	0,00
OBRA 45	21,00	104.860,00	4.993,33	0,00	0,00	21,00

Tabla 8. Obras en estudio. Datos de las No Conformidades por Obra

- **Número de No Conformidades:** Corresponden a variables cuantitativas en cuanto a número de no conformidades por obra
- **Importe de No Conformidades:** Es la suma de los importes de todas las No Conformidades por obra.
- **Coste Medio de No Conformidades:** Es la media del importe de las No Conformidades por obra.
- **No conformidad crítica:** se produce cuando existe una no conformidad importante con respecto a algún requisito legal o de seguridad.
- **No conformidad mayor:** se produce cuando existe una no conformidad importante de una declaración de intención o de los requisitos ó, basándonos en evidencias objetivas, esté en duda la conformidad del producto que está siendo suministrado.
- **No conformidad menor:** se produce cuando no se han encontrado evidencias objetivas del cumplimiento absoluto de una declaración de intenciones o de un requisito y, siempre y cuando, no esté en duda la conformidad del producto.

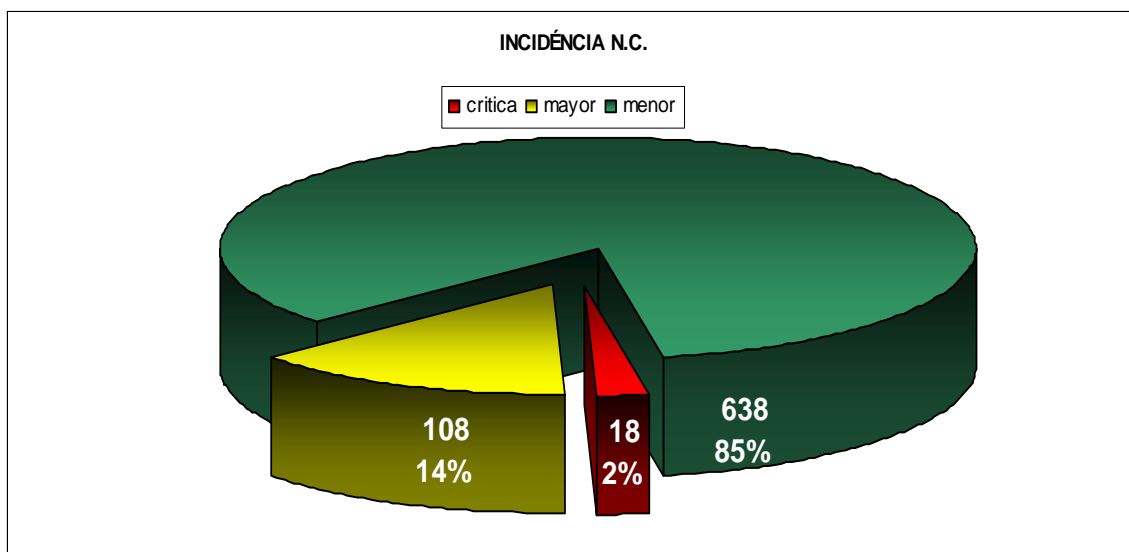


Figura 11. Incidencia N.C.

6.3.2. No conformidades en estudio.

En el estudio se han recogido las 788 No Conformidades (N.C.) registradas y documentadas en las 45 obras.

Estas N.C. se han estructurado por obra, tipo (crítica, mayor o menor), año, importe y causa/motivo.

La causa/motivo indicado en la documentación de las N.C. puede ser por:

- Accidentes y Siniestros
- Ambientales propias
- Ambientales subcontratistas
- Anotaciones Libro de Incidencias
- Denuncia ambiental
- Ejecución por subcontratistas
- Ejecución propio
- Expropiaciones
- Falta definición Proyecto
- Otros
- Paralización de tajos
- Procedimiento sancionador documental
- Proveedores Subcontratistas
- Proveedores-materiales
- Quejas
- Reclamaciones de Clientes
- Servicios Afectados

El listado de las N.C. debido a su extensión se ha incluido dentro del apartado de anejos.

6.4. Análisis de la información.

6.4.1. Análisis de no conformidades.

El gráfico mostrado a continuación muestra la evolución de las no conformidades anualmente.

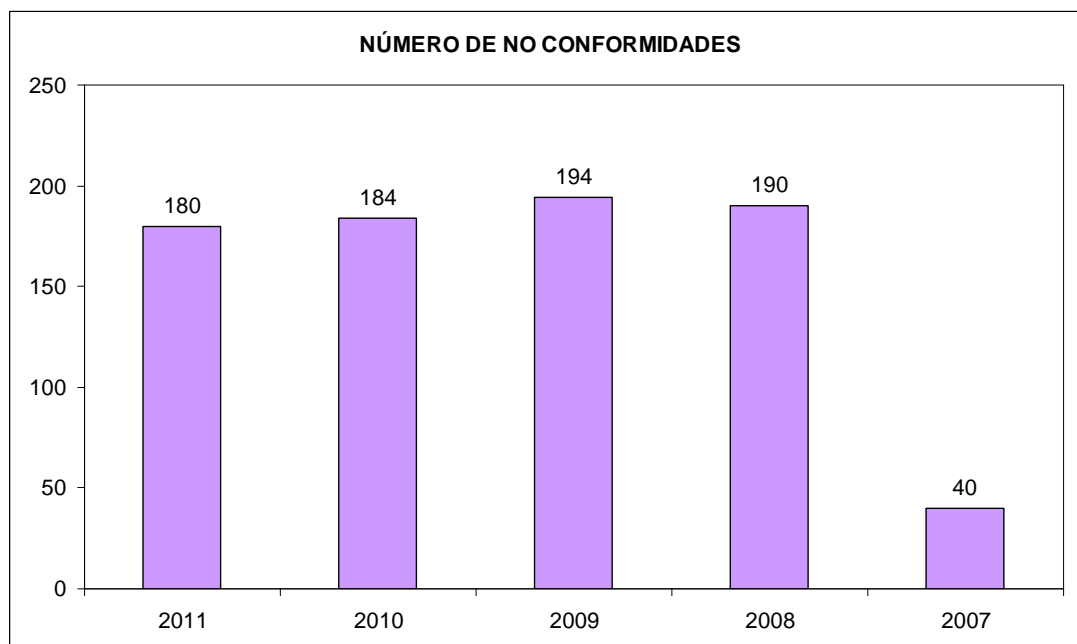


Figura 12. Número de No Conformidades por Año

Se observa un número reducido de documentación de no conformidades durante el año 2007 ya que el periodo no es representativo debido a la fecha de inicio de las obras en curso.

A partir de la siguiente tabla se clasifican las N.C. por año y por tipo.

Nº N.C.	Crítica	Mayor	Menor	Total
2011	8	28	144	180
2010	4	24	156	184
2009	2	27	165	194
2008	2	13	175	190
2007	2	16	22	40
Total	18	108	662	788

Tabla 9. Número de N.C. por año

En el siguiente gráfico podemos ver la evolución del número de N.C por año y por tipo.

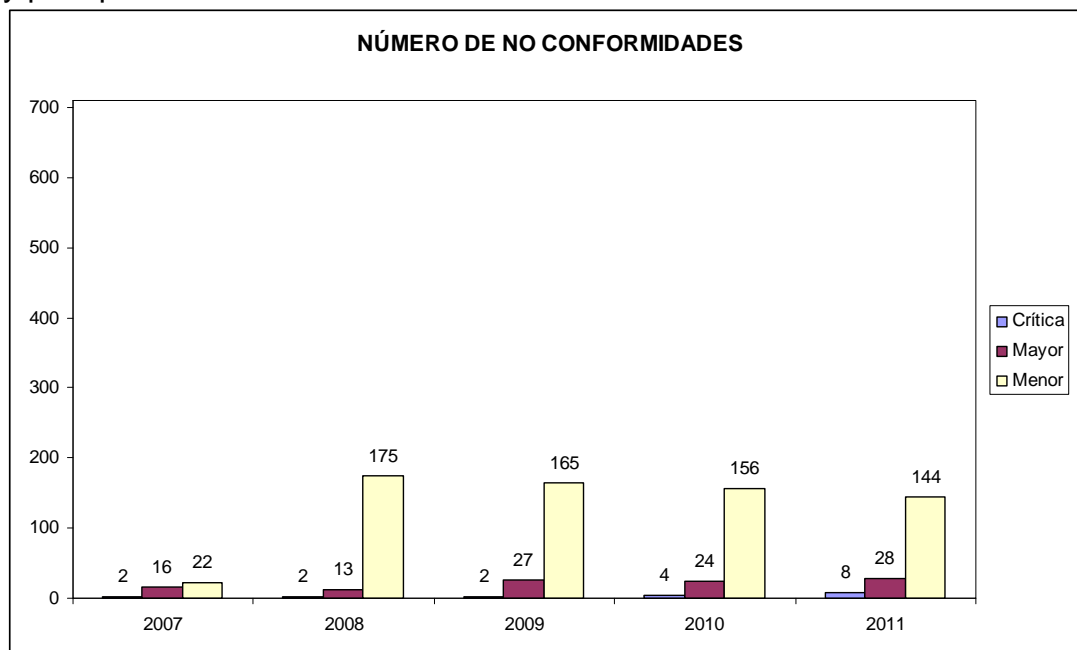


Figura 13. Evolución del número de N.C. por año y tipo.

Se puede observar que el número de N.C. menores disminuye a partir del 2008 alrededor del 6-8 % (relativamente poco en porcentaje, pero significativo en valor absoluto), en cambio sube el registro de N.C. mayores y críticas.

En el gráfico que sigue a continuación puede observarse los principales motivos por los que se emiten N.C.:



Figura 14. Motivos de las No Conformidades

Se puede observar que las N.C. debidas a ejecución son las más abundantes y de estas son mayores las debidas a ejecución propias de la empresa estudio.

Para poder realizar una comparación de los resultados del año 2011 con los de los años anteriores, se ha realizado la siguiente grafica:

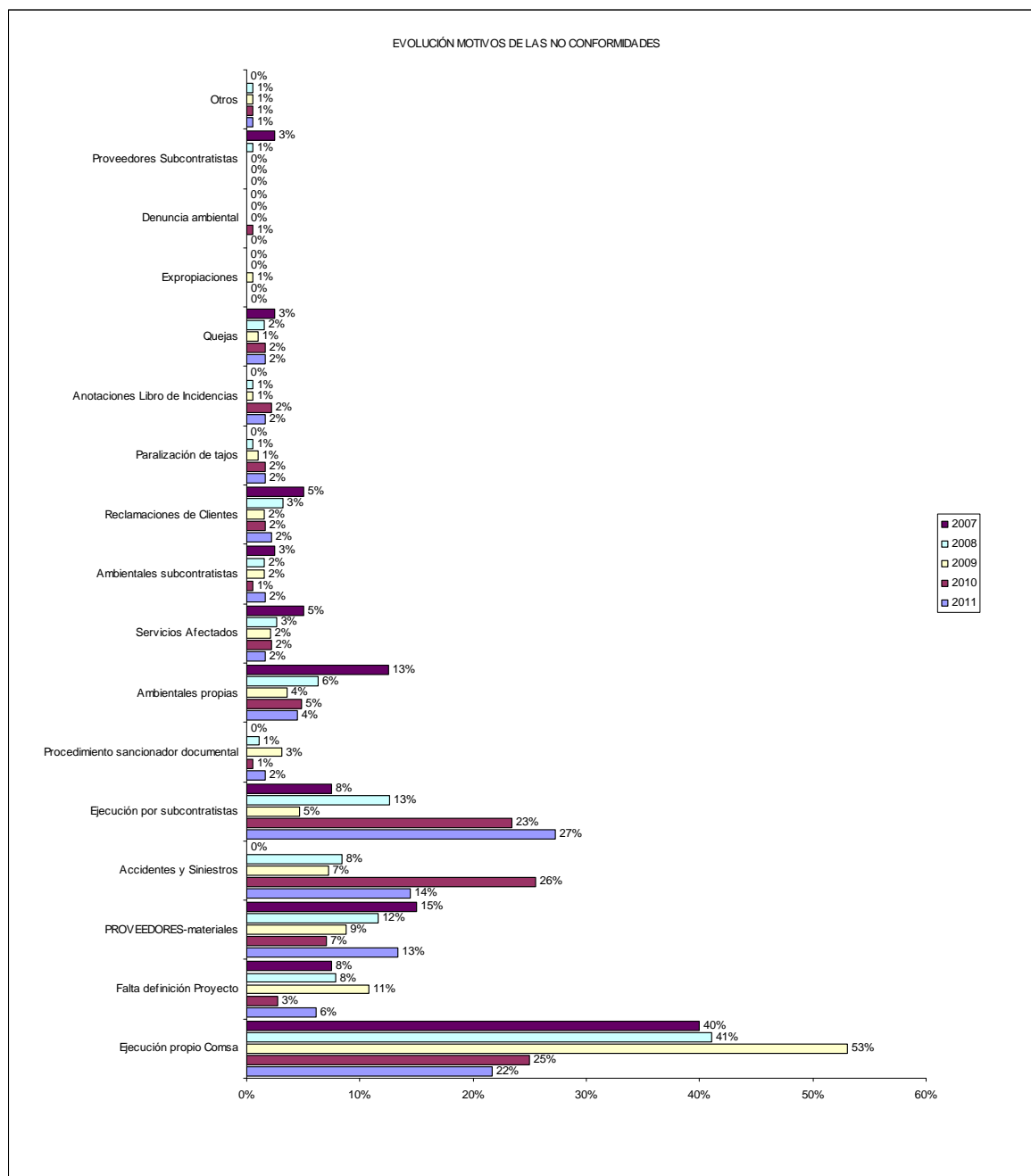


Figura 15. Evolución motivo de las N.C.

En 2010 y 2011 se ha incrementado significativamente el número de No Conformidades debidas a Accidentes (47 en 2010 y 26 en 2011) y a

deficiencias en la ejecución de subcontratistas. Y ha disminuido el número de las debidas a las deficiencias en la ejecución propia, esto coincide con la percepción del cliente de mejora en la ejecución de la obra.

El análisis pormenorizado de estas No Conformidades muestra los siguientes resultados:

- Respecto a **No Conformidades detectadas directamente por la Dirección de Obra** (reclamaciones de cliente):
 - Las 18 (4 en 2011, 3 en 2010, 3 en 2009, 6 en 2008, 2 en 2007) No Conformidades se detectan en 11 Obras diferentes, habiendo seis en una misma obra.
 - Los motivos de estas No Conformidades son:
 - ✓ 1 por errores diversos durante la ejecución de la Obra.
 - ✓ 1 por falta de documentación de seguridad y salud.
 - ✓ 1 por no realizar los ensayos indicados.
- Respecto a **Quejas de terceras partes por la ejecución de Obras:**
 - Las 12 (3 en 2011, 3 en 2010, 2 en 2009, 3 en 2008 y 1 en 2007) No Conformidades se detentan en 8 Obras diferentes, habiendo tres en una misma obra.
 - Los motivos de estas No Conformidades son:
 - ✓ Falta de accesos.
 - ✓ Solicitud de procedencia del agua usada por la obra.

Por otra parte, respecto a No Conformidades relativas a la Gestión de la Seguridad y Salud, las principales causas de emisión de No Conformidades han sido:

- ✓ No Conformidades por accidentes
- ✓ No Conformidades por incumplimientos de subcontratistas (procedimiento sancionador).
- ✓ No Conformidades por rotura de servicios afectados.
- ✓ No Conformidades por paralización de tajos por situaciones de riesgo.
- ✓ No Conformidades por anotaciones en el Libro de Incidencias.
- ✓ No Conformidades por Siniestros graves (sin daños a personas).
- ✓ No Conformidad por propuesta de sanción de la Autoridad Laboral.

En cuanto a las Acciones Correctivas, y en lo que respecta al Sistema de Calidad y Medio Ambiente, ha continuado la reducción del número de acciones correctoras emitidas con respecto a años anteriores: 18 en 2011, 20 en 2010, 23 en 2009, 26 en 2008, 34 en 2007, 16 en 2006.



La tabla siguiente muestra los principales motivos de la emisión de Acciones Correctivas.

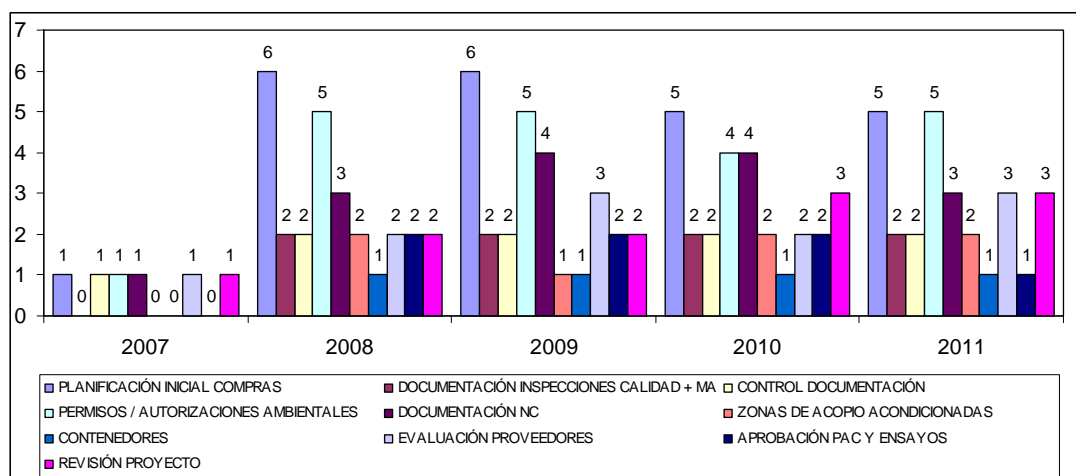
TEMA	Nº		2007	2008	2009	2010	2011
Planificación inicial compras	23	20%	1	6	6	5	5
Documentación inspecciones calidad + ma	8	7%	0	2	2	2	2
Control documentación	9	8%	1	2	2	2	2
Permisos / autorizaciones ambientales	20	17%	1	5	5	4	5
Documentación nc	15	13%	1	3	4	4	3
Zonas de acopio acondicionadas	7	6%	0	2	1	2	2
Contenedores	4	3%	0	1	1	1	1
Evaluación proveedores	11	10%	1	2	3	2	3
Aprobación pac y ensayos	7	6%	0	2	2	2	1
Revisión proyecto	11	10%	1	2	2	3	3
Total	115		6	27	28	27	27

Tabla 10. Acciones correctoras

Se observa que los principales motivos de la emisión de Acciones Correctivas son:

- No realizar la planificación inicial de compras, incluyendo su transmisión al Servicio Técnico de Compras (STC) (5 en 2011, 5 en 2010, 6 en 2009, 6 en 2008, 1 en 2007).
- No disponer de permisos / autorizaciones ambientales, incluyendo la gestión de residuos (5 en 2011, 4 en 2010, 5 en 2009, 5 en 2008 y 1 en 2007).
- No documentación de No Conformidades (3 en 2011, 4 en 2010, 4 en 2009, 3 en 2008, 1 en 2007).

Estas 3 tipologías representan el 50% del total.





6.4.2. Relación entre las causas de las N.C. y variables cualitativas.

Para analizar la relación de dependencia o independencia entre dos variables cualitativas nominales o factores, es necesario estudiar su distribución conjunta o tabla de contingencia.

Las tablas de contingencia (tablas de doble entrada) son una herramienta fundamental para este tipo de análisis. Están compuestas por filas (horizontales), para la información de una variable y columnas (verticales) para la información de otra variable. Estas filas y columnas delimitan celdas donde se vuelcan las frecuencias de cada combinación de las variables analizadas.

En conclusión, el procedimiento Tablas de contingencia nos permite realizar tablas en las que se describan las categorías de una variable a través de las categorías de una segunda variable. Para efectuar la descripción se pueden emplear diferentes medidas como el recuento, el porcentaje de fila, el porcentaje de columna o el porcentaje de tabla. Adicionalmente este procedimiento nos permite generar gráficos de barras con las variables involucradas en la tabla, así como también pruebas estadísticas de independencia como el Chi-cuadrado de Pearson e incluso generar pruebas estadísticas de precisión como el método de Monte Carlo o el método Exacto.

Una vez analizadas las N.C. se procede a analizar la relación de dependencia entre las causas de las N.C. y las variables:

- ✓ Número de empresas (UTE, Única)
- ✓ Clase de obra (Obras públicas, Edificación)
- ✓ Área de construcción (Ferroviario, Residencial, etc....)
- ✓ Sector (Público, Privado)
- ✓ Ámbito geográfico (Local, Internacional, etc....)

Dentro de las diferentes pruebas estadísticas de asociación que nos ofrece el procedimiento encontramos el Chi-cuadrado de Pearson, Chi-cuadrado de la razón de verosimilitud, prueba de asociación lineal por lineal, prueba exacta de Fisher, etc...

El método que más se utiliza es el Chi-cuadrado de Pearson, para que se pueda considerar correcta la significación calculada por el estadístico Chi-cuadrado de Pearson, se debe cumplir que las frecuencias esperadas no sean muy pequeñas (inferiores a 5) mas que unas pocas casillas. Si es en muchas casillas donde esto ocurre (más del 20% por ejemplo) se debe usar una prueba que no incluya aproximaciones, como la prueba exacta de Fisher.

Si el conjunto de datos es pequeño o las tablas son dispersas o no equilibradas, no se cumplen los supuestos necesarios para el método asintótico y deberá usar el método exacto o el de Monte Carlo.

El método de Monte carlo es más útil si el conjunto de datos es demasiado grande para calcular la significación exacta. Es una estimación no sesgada del nivel de significación exacto, calculada mediante el muestreo repetido a partir de un conjunto de tablas con iguales dimensiones y marginales de fila y columna que la tabla observada. El método de Monte Carlo permite estimar la significación exacta sin tener que confiar en los supuestos que requiere el método asintótico. Típicamente, un valor de significación menor que 0,05 se considera significativo, indicando que hay alguna relación entre las variables de fila y de columna.

Resumen del procesamiento de los casos						
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CAUSAS * EMPRESA	788	100,0%	0	0,0%	788	100,0%
CAUSAS * TIPO_CONS	788	100,0%	0	0,0%	788	100,0%
CAUSAS * TIPO_OBRA	788	100,0%	0	0,0%	788	100,0%
CAUSAS * SECTOR	788	100,0%	0	0,0%	788	100,0%
CAUSAS * AMBITO	788	100,0%	0	0,0%	788	100,0%

Tabla 11. Tablas de contingencia. Resumen de casos

En la tabla 11 se recogen el resumen del procedimiento.

A continuación obtenemos las tablas de contingencia para los distintos casos:

6.4.2.1. Causas de N.C. y Tipo de Empresa

En la tabla 12 se observa que el nivel de significación es mayor que 0,05, es no significativo indicando que no hay relación o lo que es lo mismo, que no influye en las causas de las N.C. el hecho que la empresa estudio sea la constructora única o que este en UTE con otras empresas.

Tabla de contingencia

Recuento

		EMPRESA		Total
		UNICA	UTE	
CAUSAS	Accidentes y Siniestros	33	70	103
	Ambientales propias	11	30	41
	Ambientales subcontratistas	4	7	11
	Anotaciones Libro de Incidencias	3	6	9
	Denuncia ambiental	0	1	1
	Ejecución por subcontratistas	49	79	128
	Ejecución propio	99	183	282
	Expropiaciones	1	0	1
	Falta definición Proyecto	16	39	55
	Otros	3	1	4
	Paralización de tajos	2	7	9
	Procedimiento sancionador documental	3	9	12
	Proveedores Subcontratistas	1	1	2
	PROVEEDORES-materiales	31	51	82
	Quejas	2	10	12
	Reclamaciones de Clientes	7	11	18
	Servicios Afectados	6	12	18
Total		271	517	788

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. de Monte Carlo (bilateral)		
				Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
Chi-cuadrado de Pearson	11,818 ^a	16	,756	,789 ^b	,779	,800
Razón de verosimilitudes	12,504	16	,709	,825 ^b	,815	,834
Estadístico exacto de Fisher	11,539			,795 ^b	,784	,805
N de casos válidos	788					

a. 13 casillas (38,2%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,34.

b. Basada en 10000 tablas muestreadas con la semilla de inicio 1502173562.

Tabla 12 Tabla de contingencia causa de N.C. y Tipo de Empresa

6.4.2.2. Causas de N.C. y Tipo de Construcción

Tabla de contingencia						
Recuento						
		TIPO_CONS		Total		
		Edificación	Obras públicas			
CAUSAS	Accidentes y Siniestros	50	53	103		
	Ambientales propias	15	26	41		
	Ambientales subcontratistas	6	5	11		
	Anotaciones Libro de Incidencias	7	2	9		
	Denuncia ambiental	1	0	1		
	Ejecución por subcontratistas	50	78	128		
	Ejecución propio	106	176	282		
	Expropiaciones	0	1	1		
	Falta definición Proyecto	19	36	55		
	Otros	1	3	4		
	Paralización de tajos	3	6	9		
	Procedimiento sancionador documental	2	10	12		
	Proveedores Subcontratistas	1	1	2		
	PROVEEDORES-materiales	30	52	82		
	Quejas	7	5	12		
	Reclamaciones de Clientes	8	10	18		
	Servicios Afectados	7	11	18		
Total		313	475	788		

Pruebas de chi-cuadrado						
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. de Monte Carlo (bilateral)		
				Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
Chi-cuadrado de Pearson	18,834 ^a	16	,277	,266 ^b	,255	,278
Razón de verosimilitudes	19,730	16	,233	,326 ^b	,314	,338
Estadístico exacto de Fisher	18,579			,258 ^b	,247	,269
N de casos válidos	788					

a. 13 casillas (38,2%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,40.

b. Basada en 10000 tablas muestreadas con la semilla de inicio 1502173562.

Tabla 13. Tabla de contingencia causa de N.C. y Tipo de Construcción

El hecho de que la obra sea de edificación o de obras públicas no influye en las causas de las N.C. Como se extrae del nivel de significación que aparece en la tabla 13.

6.4.2.3. Causas de N.C. y Tipo de Obra

Tabla de contingencia											
Recuento		TIPO_OBRA									
		Feroviaria	Hidráulica	Industrial	Institucionales	Marítima	Medio Ambiente	Residencial	Urbanismo	Viales	Total
CAUSAS	Accidentes y Siniestros	23	10	1	43	5	0	6	6	9	103
	Ambientales propias	14	2	0	15	1	0	0	4	5	41
	Ambientales subcontratistas	3	1	0	5	0	0	1	1	0	11
	Anotaciones Libro de Incidencias	1	0	0	6	0	0	1	0	1	9
	Denuncia ambiental	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	Ejecución por subcontratistas	38	12	4	44	8	0	2	14	6	128
	Ejecución propio	85	19	2	68	26	1	36	24	21	282
	Expropiaciones	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Falta definición Proyecto	16	4	0	12	4	0	7	4	8	55
	Otros	1	2	0	0	0	0	1	0	0	4
	Paralización de tajos	3	0	0	3	1	0	0	2	0	9
	Procedimiento sancionador documental	4	0	0	1	4	0	1	0	2	12
	Proveedores Subcontratistas	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	PROVEEDORES-materiales	26	5	1	21	4	0	8	10	7	82
	Quejas	4	0	0	7	0	0	0	1	0	12
Reclamaciones de Clientes	9	0	1	6	0	0	1	1	0	18	
Servicios Afectados	5	1	1	5	0	0	1	4	1	18	
Total		233	56	10	238	53	1	65	72	60	788

Pruebas de chi-cuadrado						
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. de Monte Carlo (bilateral)		
				Intervalo de confianza al 99%		
				Sig.	Límite inferior	Límite superior
Chi-cuadrado de Pearson	140,340 ^a	128	,215	,220 ^b	,210	,231
Razón de verosimilitudes	142,994	128	,173	,012 ^b	,009	,015
Estadístico exacto de Fisher	171,763			,043 ^b	,038	,049
N de casos válidos	788					

a. 116 casillas (75,8%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,00.

b. Basada en 10000 tablas muestreadas con la semilla de inicio 1502173562.

Tabla 14. Tabla de contingencia causa de N.C. y Tipo de Obra

En este caso sí se obtiene un nivel de significación menor que 0,05, cosa que indica que hay alguna relación entre las causas de las N.C. y el Tipo de Obra.

La conclusión es que se dependiendo de si la Obra es Ferroviaria o es una obra Residencial p.e. las causas que originan las N.C. son diferentes.

Es lógico avanzar esta conclusión entendiendo que cada tipo específico de obra tiene unas actividades específicas que no se dan en otros tipos, estas actividades generan N.C. que tendrían unas causas cuya frecuencia seria mayor que en otras N.C.

6.4.2.4. Causas de N.C. y Tipo de Sector

Tabla de contingencia

Recuento

		SECTOR		Total
		Privado	Público	
CAUSAS	Accidentes y Siniestros	17	86	103
	Ambientales propias	3	38	41
	Ambientales subcontratistas	2	9	11
	Anotaciones Libro de Incidencias	1	8	9
	Denuncia ambiental	1	0	1
	Ejecución por subcontratistas	33	95	128
	Ejecución propio	25	257	282
	Expropiaciones	0	1	1
	Falta definición Proyecto	5	50	55
	Otros	1	3	4
	Paralización de tajos	2	7	9
	Procedimiento sancionador documental	0	12	12
	Proveedores Subcontratistas	0	2	2
	PROVEEDORES- materiales	15	67	82
	Quejas	3	9	12
	Reclamaciones de Clientes	3	15	18
	Servicios Afectados	4	14	18
Total		115	673	788

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. de Monte Carlo (bilateral)		
				Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
Chi-cuadrado de Pearson	35,887 ^a	16	,003	,006 ^b	,004	,008
Razón de verosimilitudes	35,192	16	,004	,004 ^b	,002	,005
Estadístico exacto de Fisher	34,570			,002 ^b	,001	,003
N de casos válidos	788					

a. 15 casillas (44,1%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,15.

b. Basada en 10000 tablas muestreadas con la semilla de inicio 1502173562.

Se rechaza la hipótesis de independencia de las dos variables y se concluye que las variables Causas de N.C. y Tipo de Sector incluidas en este estudio probablemente estén relacionadas.

6.4.2.5. Causas de N.C. y Ámbito Geográfico

Tabla de contingencia						
Recuento						
		ÁMBITO				Total
		Autonómica	Estatal	Internacional	Local	
CAUSAS	Accidentes y Siniestros	40	43	10	10	103
	Ambientales propias	18	22	1	0	41
	Ambientales subcontratistas	3	5	2	1	11
	Anotaciones Libro de Incidencias	6	1	1	1	9
	Denuncia ambiental	0	0	1	0	1
	Ejecución por subcontratistas	38	67	16	7	128
	Ejecución propio	85	138	8	51	282
	Expropiaciones	0	0	0	1	1
	Falta definición Proyecto	20	24	2	9	55
	Otros	1	1	1	1	4
	Paralización de tajos	6	2	1	0	9
	Procedimiento sancionador documental	6	5	0	1	12
	Proveedores Subcontratistas	0	2	0	0	2
	PROVEEDORES-materiales	26	42	4	10	82
	Quejas	3	7	2	0	12
	Reclamaciones de Clientes	3	12	2	1	18
	Servicios Afectados	4	9	2	3	18
Total		259	380	53	96	788

Pruebas de chi-cuadrado						
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. de Monte Carlo (bilateral)		
				Sig.	Intervalo de confianza al 99%	
					Límite inferior	Límite superior
Chi-cuadrado de Pearson	92,878 ^a	48	,000	,001 ^b	,000	,002
Razón de verosimilitudes	89,444	48	,000	,000 ^b	,000	,001
Estadístico exacto de Fisher	84,896			,000 ^b	,000	,000
N de casos válidos	788					

a. 40 casillas (58,8%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,07.

b. Basada en 10000 tablas muestreadas con la semilla de inicio 475497203.

De igual manera se puede interpretar una relación entre la variable de columna Sector (público o privado) y la variable de fila Causas de N.C.

O lo que es igual que existe una significancia estadística elevada de la diferencia de las frecuencias de las Causas de N.C. en función del Ámbito Geográfico donde está enmarcada la obra.

6.5. Análisis estadístico

A continuación se presentan los resultados a partir del procesamiento de los datos con el programa IBM SPSS ESTADISTICS V 20.0

6.5.1. Estudio de correlaciones entre variables cuantitativas

El concepto de relación o correlación entre dos variables se refiere al grado de parecido o variación conjunta existente entre las mismas. En este apartado vamos a estudiar un tipo particular de relación llamada lineal y se limita a considerar únicamente el caso de dos variables cuantitativas (correlación simple).

Una relación lineal positiva entre dos variables X e Y significa que los valores de las dos variables varían de forma parecida: los sujetos que puntúan alto en X tienden a puntuar alto en Y y los que puntúan bajo en X tienden a puntuar bajo en Y. Una relación lineal negativa significa que los valores de ambas variables varían justamente el revés.

La forma más directa de formarse una primera idea sobre el tipo de relación existente entre dos variables cuantitativas es a través de un Diagrama de dispersión.

Para poder cuantificar el grado de relación lineal existente entre dos variables cuantitativas, así como medir el grado de ajuste de la nube de puntos a una recta, vamos a estudiar coeficientes de correlación.

En este apartado estudiaremos el procedimiento Correlaciones Bivariadas, para el estudio de la relación entre dos variables cuantitativas.

- **Coeficientes de Correlación de Pearson:** Es una medida de la asociación lineal entre dos variables. Los valores del coeficiente de correlación van de -1 a 1. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación y su valor absoluto indica la fuerza. Los valores mayores indican que la relación es más estrecha.
- **Coeficientes de Correlación de Spearman:** Versión no paramétrica del coeficiente de correlación de Pearson, que se basa en los rangos de los datos en lugar de hacerlo en los valores reales. Resulta apropiada para datos ordinales, o los de intervalo que no satisfagan el supuesto de normalidad. Los valores del coeficiente van de -1 a +1. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación y el valor absoluto del coeficiente de correlación indica la fuerza de la relación entre las variables. Los valores absolutos mayores indican que la relación es mayor.

Prueba de significación. Junto con cada coeficiente de correlación, se ofrece la información necesaria para contrastar la hipótesis nula de que el valor

poblacional del coeficiente es cero. Es posible seleccionar el nivel crítico deseado:

- Bilateral: Probabilidad de obtener resultados tan extremos como el obtenido, y en cualquier dirección, cuando la hipótesis nula es cierta. Un nivel de significación bilateral (de dos colas) contrasta una hipótesis nula en la que la dirección del efecto no se especifica de antemano.
- Unilateral: Probabilidad de obtener un resultado tan extremo como el observado, y en la misma dirección, cuando la hipótesis nula es cierta. Contrasta la hipótesis nula en la que se especifica con antelación la dirección del efecto.

Marcar las correlaciones significativas. Esta opción marca con un asterisco los coeficientes de correlación significativos al nivel 0,05 y, con dos asteriscos, los significativos al nivel 0,01.

6.5.1.1. Test de normalidad. Kolmogorov-Smirnov

Antes de realizar cualquier análisis estadístico se deben tener presentes las condiciones de aplicación del mismo. En casi todos los análisis estadísticos, la asunción de normalidad es un común denominador. De ahí que comience este apartado con la prueba estadística de Normalidad.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra es un procedimiento de "bondad de ajuste", que permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Su objetivo es señalar si los datos provienen de una población que tiene la distribución teórica especificada, es decir, contrasta si las observaciones podrían razonablemente proceder de la distribución especificada.

Muchas pruebas paramétricas requieren que las variables se distribuyan de forma normal. La prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra se puede utilizar para comprobar si una variable se distribuye normalmente.

En primer lugar comprobamos si se distribuyen de forma normal las siguientes variables:

- ✓ Coste de las No Conformidades
- ✓ Número de No Conformidades
- ✓ Importe de adjudicación inicial
- ✓ Importe de ejecución final
- ✓ Margen de tiempo para Iniciar los trabajos
- ✓ Plazo de ejecución inicial por contrato
- ✓ Plazo de ejecución

Estadísticos descriptivos								
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentiles		
						25	50 (Mediana)	75
Coste de las No conformidades	45	55.434,178	66.281,458	0,000	216.700,000	2.087,000	27.510,000	88.477,500
Numero de no conformidades	45	17,511	30,039	1,000	180,000	3,500	6,000	19,000
Presupuesto de adjudicación inicial	45	15.007.017,237	21.819.935,759	111.479,680	88.069.676,410	1.891.712,985	4.207.556,560	20.584.980,270
Presupuesto de adjudicación actualizado	45	15.979.828,454	22.932.818,676	118.290,760	92.764.160,090	1.891.712,985	4.229.226,750	24.759.917,745
Margen de tiempo para iniciar los trabajos	45	2,448	4,181	0,000	21,240	0,215	0,990	2,365
Plazo de ejecución inicial por contrato	45	15,467	10,262	1,000	39,000	6,500	14,000	22,000
Plazo de ejecución real final	45	19,200	12,387	2,000	56,000	9,000	17,000	28,500

Tabla 15. Variables Cuantitativas. Estadísticos descriptivos.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra								
		Coste de las No conformidades	Numero de no conformidades	Presupuesto de adjudicación inicial	Presupuesto de adjudicación actualizado	Margen de tiempo para iniciar los trabajos	Plazo de ejecución inicial por contrato	Plazo de ejecución real final
N		45	45	45	45	45	45	45
Parámetros normales ^{a,b}	Media	55.434,178	17,511	15.007.017,237	15.979.828,454	2,448	15,467	19,200
	Desviación típica	66.281,458	30,039	21.819.935,759	22.932.818,676	4,181	10,262	12,387
Diferencias más extremas	Absoluta	0,201	0,291	0,272	0,277	0,282	0,135	0,092
	Positiva	0,201	0,276	0,272	0,277	0,282	0,135	0,092
	Negativa	-0,201	-0,291	-0,247	-0,245	-0,279	-0,079	-0,082
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,352	1,954	1,826	1,861	1,894	0,906	0,615
Sig. asintót. (bilateral)		0,052	0,001	0,003	0,002	0,002	0,385	0,844

a. La distribución de contraste es la Normal.
b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 16. Variables Cuantitativas. Prueba de Normalidad.

Comprobamos el nivel de significación, si es menor que 0.05 la distribución no es normal, si es mayor que 0.05 la distribución es normal.

La tabla 15 ofrece en primer lugar, el número de casos válidos y los parámetros de la distribución seleccionada, es decir, de la distribución normal (Media y Desviación típica). A continuación ofrece las diferencias más extremas entre las frecuencias acumuladas empíricas y teóricas (la más grande de las positivas, la más pequeña de las negativas y la más grande de las dos en valor absoluto). Por último, ofrece el estadístico de K-S (Z) y su nivel crítico (Significación asintótica bilateral). Puesto que el valor del nivel crítico es muy pequeño (menor que 0,05), rechazamos la hipótesis de normalidad y concluimos que la variables número de no conformidades, presupuesto de ejecución inicial, presupuesto de ejecución final actualizado y margen de inicio de los trabajos no se ajustan a una distribución normal. En estos casos, tal y como se ha explicado más arriba, se procede a realizar un análisis no paramétrico (coeficiente de Sperman).

Por el contrario podemos concluir que las variables coste de las No conformidades, plazo de ejecución inicial y plazo de ejecución real si se ajustan a una distribución normal, en tal caso se procede a realizar un análisis paramétrico (coeficiente de Pearson).

Resumen de prueba de hipótesis			
	Hipótesis nula	Test	Sig. Decisión
1	La distribución de Coste de las No conformidades es normal con la media 55.434,18 y la desviación típica 66.281,46.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,052 Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de Numero de no conformidades es normal con la media 17,51 y la desviación típica 30,04.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,001 Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Presupuesto de adjudicación inicial es normal con la media 15.007.017,24 y la desviación típica 21.819.935,76.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,003 Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Presupuesto de adjudicación actualizado es normal con la media 15.979.828,45 y la desviación típica 22.932.818,68.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,002 Rechazar la hipótesis nula.
5	La distribución de Margen de tiempo para iniciar los trabajos es normal con la media 2,45 y la desviación típica 4,18.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,002 Rechazar la hipótesis nula.
6	La distribución de Plazo de ejecución inicial por contrato es normal con la media 15,47 y la desviación típica 10,26.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,385 Retener la hipótesis nula.
7	La distribución de Plazo de ejecución real final es normal con la media 19,20 y la desviación típica 12,39.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,844 Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tabla 17. Variables Cuantitativas. Resumen Test de normalidad.

6.5.1.2. Matriz de correlaciones

Analizando el caso de una distribución n-dimensional con $n = 7$ variables, se construye la llamada matriz de correlación:

La matriz de correlación R es una matriz cuadrada $n \times n$ constituida por los coeficientes de correlación de cada pareja de variables; de manera que tendrá unos en su diagonal principal, y en los elementos no diagonales (i,j) los correspondientes coeficientes de correlación r_{ij} . La matriz de correlación será, obviamente, simétrica, y conservará las propiedades de ser definida-positiva y tener un determinante no negativo, (además el determinante será siempre menor o igual que 1).

Correlaciones paramétricas									
			Coste de las No conformidades	Numero de no conformidades	Presupuesto de adjudicación inicial	Presupuesto de adjudicación actualizado	Margen de tiempo para iniciar los trabajos	Plazo de ejecución inicial por contrato	Plazo de ejecución real final
Pearson	Coste de las No conformidades	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1,000 45	,692 45	,685 45	,737 45	0,032598941 45	,509 45	,629 45
	Numero de no conformidades	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,692 45	1,000 45	,657 45	,681 45	,113 45	,493 45	,453 45
	Presupuesto de adjudicación inicial	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,685 45	,657 45	1,000 45	,991 45	0,039796955 45	,573 45	,527 45
	Presupuesto de adjudicación actualizado	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,737 45	,681 45	,991 45	1,000 45	,039 45	,576 45	,554 45
	Margen de tiempo para iniciar los trabajos	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,033 45	0,113 45	,040 45	,039 45	1,000 45	,368 45	,233 45
	Plazo de ejecución inicial por contrato	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,509 45	,493 45	,573 45	,576 45	,368 45	1,000 45	,861 45
	Plazo de ejecución real final	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,629 45	,453 45	,527 45	,554 45	0,233386875 45	,861 45	1,000 45

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 18. Variables Cuantitavas. Coeficiente de correlación de Pearson

Correlaciones no paramétricas									
			Coste de las No conformidades	Numero de no conformidades	Presupuesto de adjudicación inicial	Presupuesto de adjudicación actualizado	Margen de tiempo para iniciar los trabajos	Plazo de ejecución inicial por contrato	Plazo de ejecución real final
Rho de Spearman	Coste de las No conformidades	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000 45	,873 45	,751 45	,767 45	0,030140149 45	,582 45	,688 45
	Numero de no conformidades	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,873 45	1,000 45	,819 45	,821 45	,062 45	,611 45	,698 45
	Presupuesto de adjudicación inicial	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,751 45	,819 45	1,000 45	,996 45	0,127862925 45	,749 45	,791 45
	Presupuesto de adjudicación actualizado	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,767 45	,821 45	,996 45	1,000 45	,118 45	,753 45	,799 45
	Margen de tiempo para iniciar los trabajos	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,030 45	0,062 45	,128 45	,118 45	1,000 45	,327 45	,288 45
	Plazo de ejecución inicial por contrato	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,582 45	,611 45	,749 45	,753 45	,327 45	1,000 45	,930 45
	Plazo de ejecución real final	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,688 45	,698 45	,791 45	,799 45	0,287593991 45	,930 45	1,000 45

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 19. Variables Cuantitavas. Coeficiente de correlación de Spearman

Relacionamos pares de variables cuantitativas y analizamos la correlación con la variable coste de no conformidades.

- CNC → Coste de las No Conformidades
 NNC → Número de No Conformidades
 PAI → Presupuesto de Adjudicación Inicial
 PAF → Presupuesto de Adjudicación actualizado
 MTI → Margen de Tiempo para Iniciar los trabajos
 PEI → Plazo de Ejecución Inicial por contrato
 PER → Plazo de Ejecución Real

En el caso en que la variable sigue una distribución normal se obtiene a través de un análisis paramétrico el coeficiente de correlación de Pearson, en caso contrario a través de un análisis no paramétrico se obtiene el coeficiente de correlación de Spearman.

La matriz de correlaciones combinando ambos casos es la que sigue:

	PER	PEI	MTI	PAF	PAI	NNC	CNC
CNC	0,688	0,582	0,030	0,767	0,751	0,873	1,000
NNC	0,698	0,611	0,062	0,821	0,819	1,000	
PAI	0,791	0,749	0,128	0,996	1,000		
PAF	0,799	0,753	0,118	1,000			
MTI	0,288	0,327	1,000				
PEI	0,930	1,000					
PER	1,000						








	1,000	0,857	→	Muy elevada
	0,857	0,714	→	Elevada
	0,714	0,571	→	Moderada-Elevada
	0,571	0,429	→	Moderada
	0,429	0,286	→	Baja
	0,286	0,143	→	Muy baja
	0,143	0,000	→	Nula

Tabla 20. Variables Cuantitativas. Matriz de correlaciones

De los resultados del análisis de correlaciones bivariadas se observa que el mayor coeficiente de correlación se da en el par de variables Número de No Conformidades – Coste de las No Conformidades.

El grafico de dispersión asimismo muestra que es el caso en el que más aproximariamos la nube de puntos a una recta, cosa que ilustra que puede existir una relación lineal entre estas variables.

6.5.1.3. Interpretación de los resultados

Existe una muy elevada relación entre el Coste de las No conformidades y el número de no conformidades. Dicha relación es positiva. Este resultado es fácil de anticipar. Cuanto más N.C. documentadas se registran, mayor será el coste asociado. Esto nos indica que el número de conformidades es un parámetro que nos puede servir para analizar la no calidad de un proyecto. Muchas veces puede pasar que tenemos muchas NC pero con costes bajos o al revés y luego no es comparable. Con los resultados de este estudio la correlación nos indica que la gravedad de una NC se correlaciona con su coste... Las N.C. graves tienen un coste promedio tres veces superior a las N.C. leves, ya que las N.C. leves suelen ser accidentes sin baja, observaciones coordinadores de seguridad y salud, resultados de ensayos... y muchas veces únicamente se documentan en el registro de "Incidencias de la Obra".

Existe una elevada relación entre el Coste de las No conformidades y el presupuesto de adjudicación inicial. Dicha relación es positiva. Esto indica que cuanto más importante es la obra (presupuesto más elevado) mayor es el coste de la N.C. Recordando un párrafo de la introducción de este estudio teníamos "*En el caso de la industria de la construcción, Lam et al. (1994, citado por Low y Yeo, 1998) afirmaron que los costes de la calidad estaban entre de 8 a 15 % de los costes de la construcción total, de igual manera se han registrado cifras medias del 12.4% del coste del proyecto (Aoieong et al, 2002). El coste de esos rework o desviaciones (costes de fallos) han sido encontrados entre el 10 y 15% del valor de contrato (CIDA, 1994 citado por Love et al., 2000). En países de América Latina, tal es el caso de México, varios estudios, autores y empresas señalan que los costes de calidad representan alrededor del 5 al 25 % sobre las ventas anuales (Horcasitas, 2001).* Esto se comprueba significativamente si tenemos en cuenta que el coeficiente de correlación entre el presupuesto de adjudicación inicial y el coste de las N.C. es muy alto, más alto aún si se compara con el número de no conformidades, cosa que indica la fuerza de esa relación.

Existe una elevada relación entre el Coste de las No conformidades y el presupuesto de adjudicación actualizado. Dicha relación es positiva. El coeficiente es aún mayor que en el caso anterior. Esto nos indica de otra manera que las desviaciones de presupuesto y el coste de las N.C. están relacionados en uno o ambos sentidos. La hipótesis más probable sería considerar que en las obras donde ha habido una desviación de presupuesto

positiva habría estado motivado por la aparición de N.C. Cosa que también coincide con los datos de los autores y estudios antes mencionados.

Existe una prácticamente nula relación entre el Coste de las No conformidades y el margen de tiempo para iniciar los trabajos. Se podría anticipar que en el caso de tener un margen de tiempo mayor desde la adjudicación de una obra hasta el momento de inicio de los trabajos el número y coste de las N.C. debería ser menor; en realidad lo que nos dice es que no están correlacionados o por lo menos no linealmente. Se puede entender porque a pesar de poseer este margen en la obra, no necesariamente se dedica por ejemplo al mejor estudio de la obra, se puede deber a motivos (interferencias con servicios afectados que deben ser solventadas por terceras empresas, expropiaciones, alegaciones a las adjudicaciones, etc...) En lo que respecta a este estudio vamos a excluir esta variable.

Existe una moderada relación entre el Coste de las No conformidades y el plazo de ejecución inicial. Dicha relación es positiva. No se puede asegurar que sea significativo el hecho que las obras con mayor plazo de ejecución por contrato tengan mayores costes de N.C. Si observamos los graficos de dispersión (figura 20.) podemos observar que hay mucha dispersión en la nube de puntos.

Existe una moderada-elevada relación entre el Coste de las No conformidades y el plazo de ejecución real. Dicha relación es positiva. En este caso el coeficiente es mayor que en el caso anterior, este incremento se puede anticipar si se entiende, que de igual manera que ocurría con la desviación de presupuesto, la desviación de plazo también puede estar motivada por los procesos de rework debido a la aparición de N.C.

6.5.1.4. Gráficos de dispersión

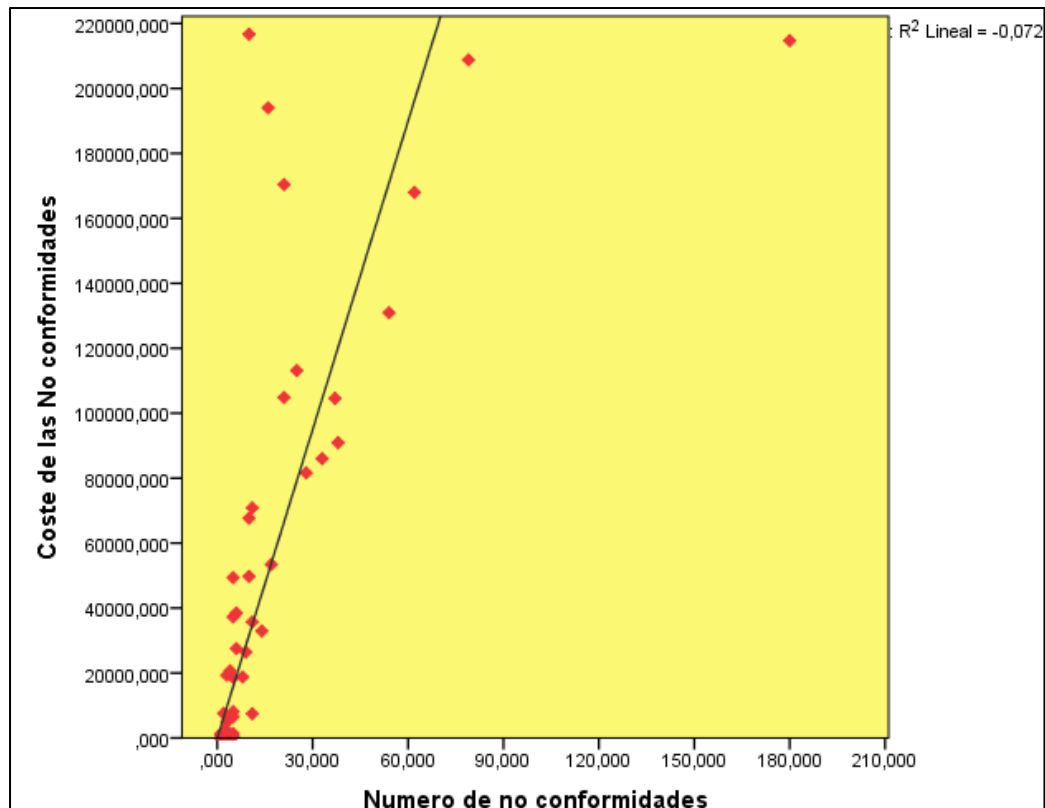


Figura 16. Diagrama de dispersión. Número de NC – Coste de las NC

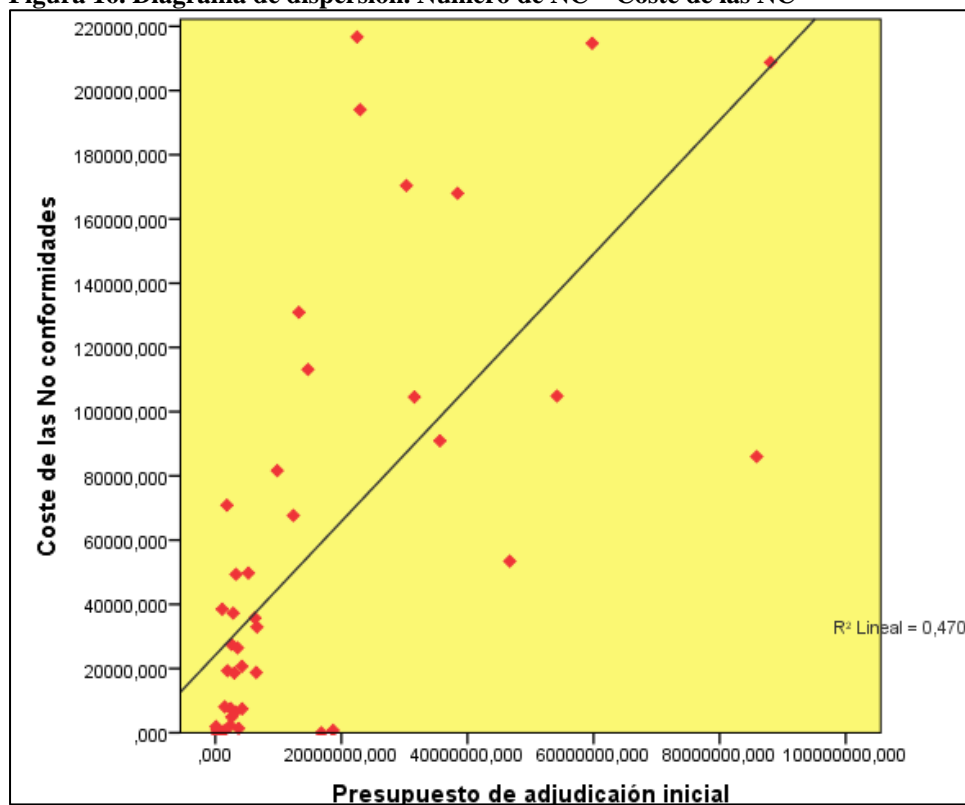


Figura 17. Diagrama de dispersión. Presupuesto de adjudicación inicial – Coste de las NC

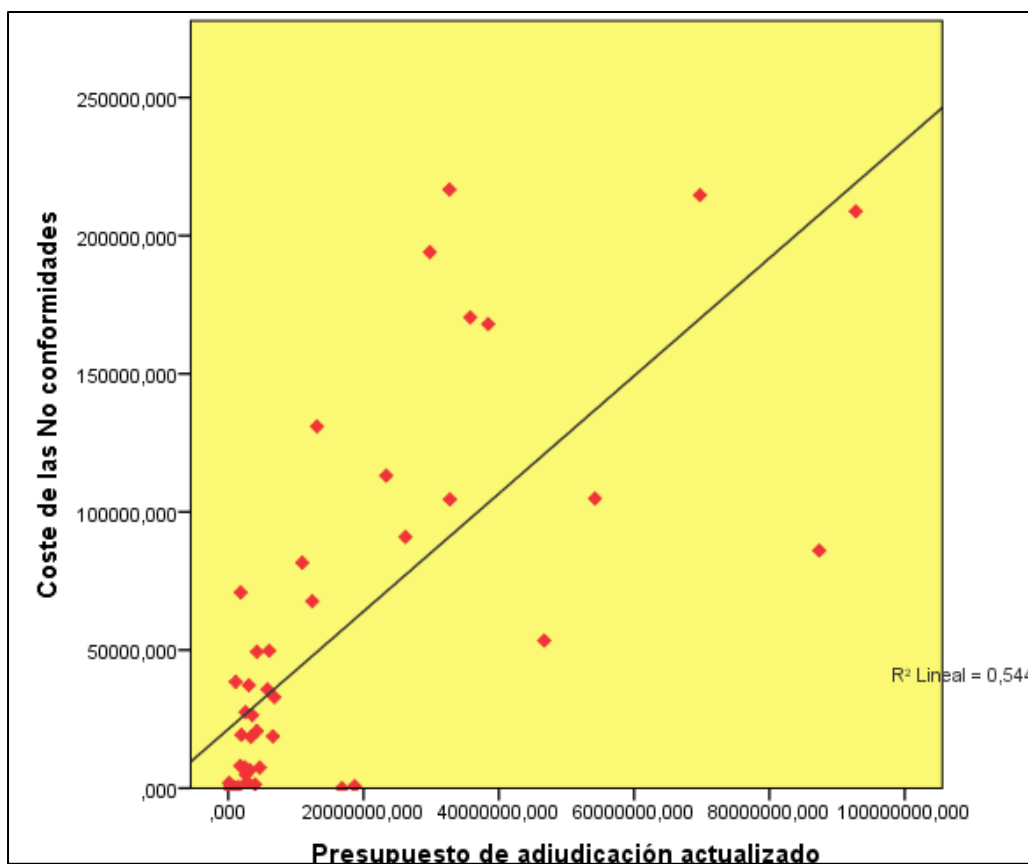


Figura 18. Diagrama de dispersión. Presupuesto de adjudicación actualizado – Coste de las NC

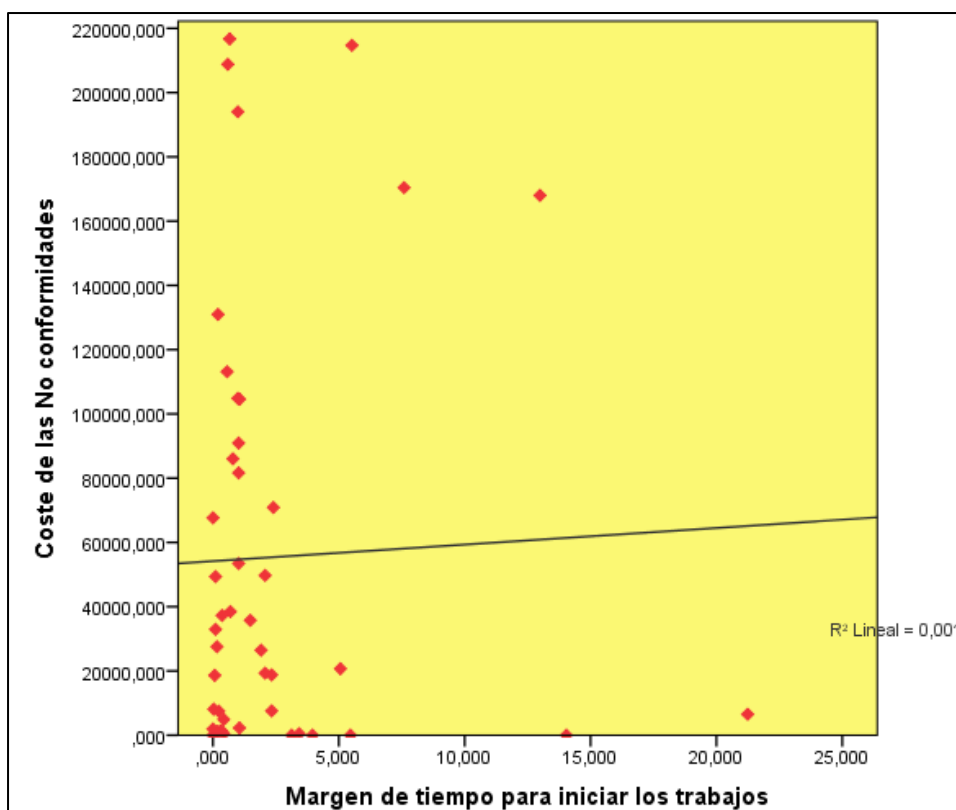


Figura 19. Diagrama de dispersión. Margen de tiempo inicio – Coste de las NC

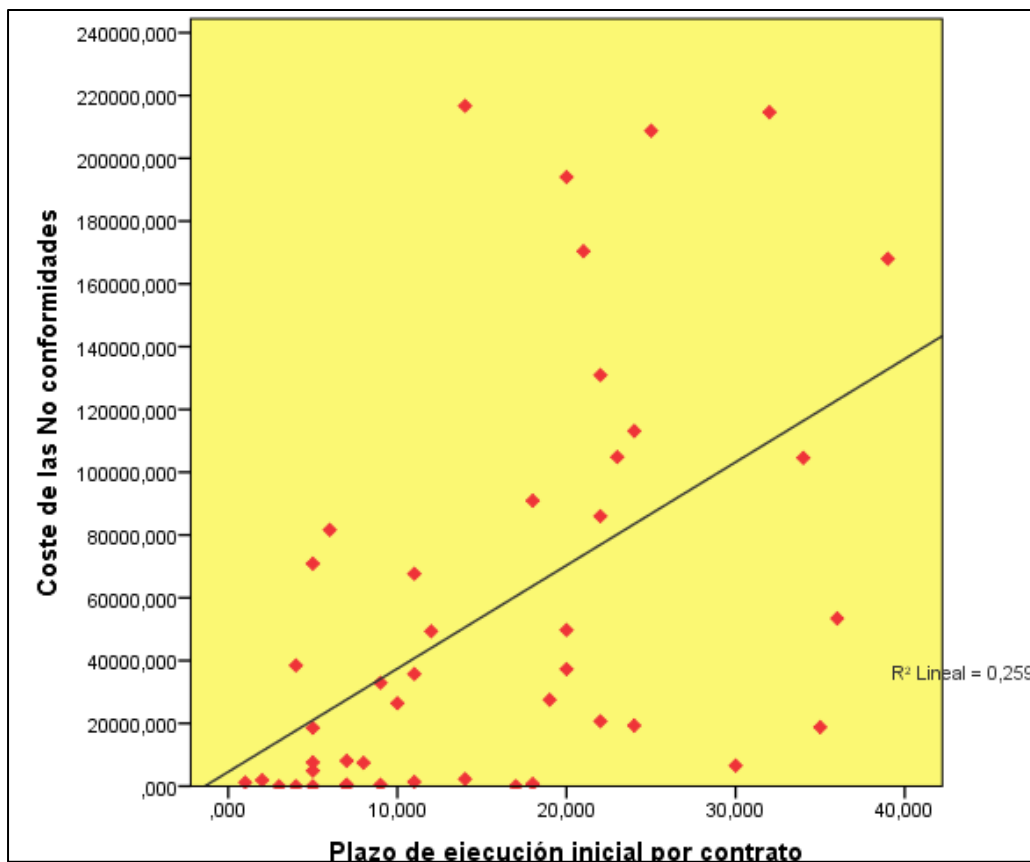


Figura 20. Diagrama de dispersión. Plazo de ejecución inicial – Coste de las NC

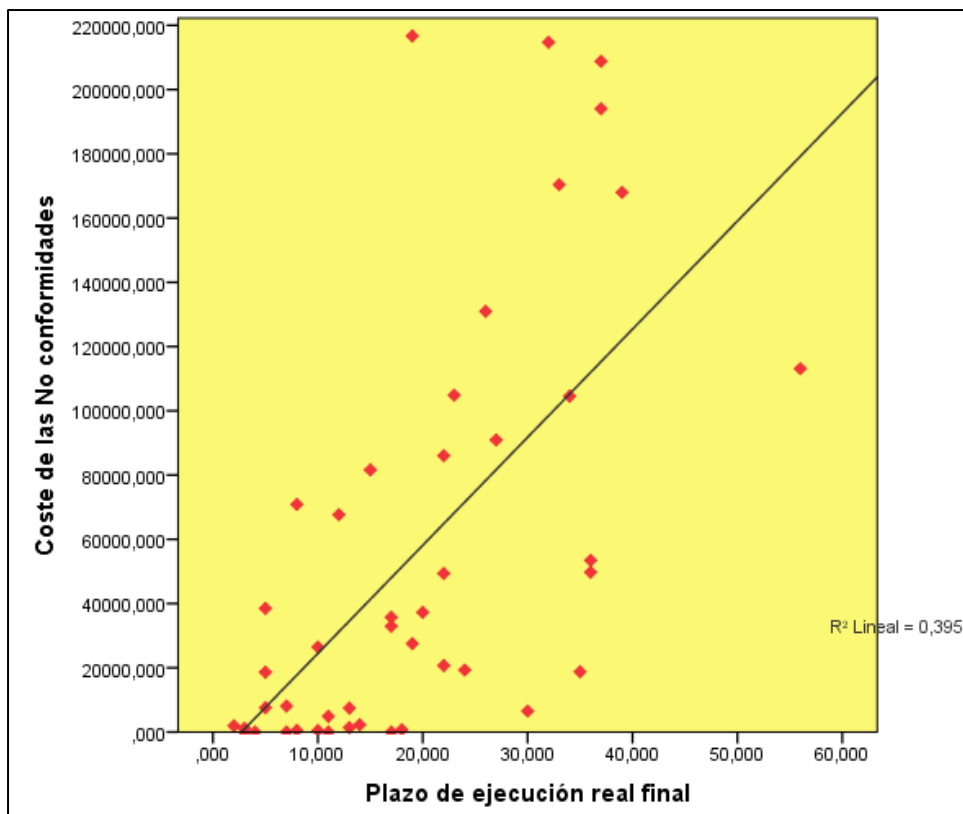


Figura 21. Diagrama de dispersión. Plazo de ejecución real– Coste de las NC

Uno de los aspectos más poderosos de un gráfico de dispersión, sin embargo, es su capacidad para mostrar las relaciones no lineales entre las variables.

6.5.2. Estudio de la relación entre variables cualitativas y cuantitativas

En el caso de querer estudiar la relación entre una variable cualitativa y otra cuantitativa, téngase en cuenta el número de categorías (niveles) de la variable cualitativa. Si es dicotómica (con dos niveles) entonces el contraste correspondiente sería el de promedio nulo de la diferencia en dos muestras independientes (test t y Wilcoxon): la hipótesis nula de igualdad correspondería al caso de no relación; la hipótesis alternativa de desigualdad correspondería al caso de relación entre las variables. Si no es dicotoma, hay que recurrir a métodos estadísticos como el análisis de varianza (ANOVA) o el contraste de Kruskal-Wallis.

6.5.2.1. Variables Dicotómicas

Relación entre Número de empresas (Ute o Única), Tipo de construcción (Obras públicas o Urbanismo), Tipo de Sector (Público o Privado) y Coste de No Conformidades.

Antes que nada debe explorarse la variable cuantitativa para comprobar que se cumplen los requisitos que van a permitir aplicar las pruebas paramétricas. La variable cuantitativa (Coste de las No Conformidades) debe distribuirse según la Ley Normal en cada uno de los grupos que se comparan (CRITERIO DE "NORMALIDAD").

Pruebas de normalidad							
Numero de Empresas		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coste de las No Conformidades	Unica	,236	31	,000	,728	31	,000
	Ute	,157	14	,200*	,907	14	,143

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 21. Variables Cualitativas Dicotómicas. Prueba de Normalidad 1.

Pruebas de normalidad							
Tipo de construcción		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coste de las No Conformidades	Edificación	,156	11	,200*	,953	11	,685
	Obras Públicas	,242	34	,000	,715	34	,000

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 22. Variables Cualitativas Dicotómicas. Prueba de Normalidad 2.

Pruebas de normalidad							
Tipo de Sector		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coste de las No Conformidades	Privado	,219	9	,200*	,830	9	,045
	Público	,210	36	,000	,786	36	,000

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 23. Variables Cualitativas Dicotómicas. Prueba de Normalidad 3.

Nos hemos de fijar en la significación estadística de estos dos contrastes, asumiendo la normalidad de la distribución si en ambos grupos el nivel de “p” es no significativo (esto es, $p > 0,05$). En nuestro ejemplo podemos asumir la normalidad de la variable cuantitativa “Coste de No Conformidades” en los grupos (“Ute” / “Edificación” / “Privado”) no pudiendo asumir la normalidad de la variable en los grupos (“Unica” / “Obras Públicas” / “Público”).

Esto nos obliga a optar por pruebas no paramétricas (Test de Mann-Whitney) en el análisis de la relación entre estos pares de variables.

Tras hacer un pequeño resumen de los casos procesados a través de sus estadísticos descriptivos (tamaño muestral, media, desviación típica y valores máximos y mínimo) de la tabla 24, calculamos varios estadísticos de contraste como se puede apreciar en las tablas 25, 26 y 27.

Pruebas de Mann-Whitney

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Coste de las No Conformidades	45	55434,18	66281,458	0	216700
Numero de Empresas	45	,31	,468	0	1
Tipo de construcción	45	,76	,435	0	1
Tipo de Sector	45	,80	,405	0	1

Tabla 24. Variables Cualitativas Dicotómicas. Estadísticos descriptivos

Rangos				
Numero de Empresas		N	Rango promedio	Suma de rangos
Coste de las No Conformidades	Unica	31	19,48	604,00
	Ute	14	30,79	431,00
	Total	45		

Estadísticos de contraste ^a	
	Coste de las No Conformidades
U de Mann-Whitney	108,000
W de Wilcoxon	604,000
Z	-2,674
Sig. asintót. (bilateral)	,007

a. Variable de agrupación: Numero de Empresas

Tabla 25. Variables Cualitativas Dicotómicas. Test de Mann-Whitney 1.

Rangos				
Tipo de construcción		N	Rango promedio	Suma de rangos
Coste de las No Conformidades	Edificación	11	31,36	345,00
	Obras	34	20,29	690,00
	Públicas			
	Total	45		

Estadísticos de contraste ^a	
	Coste de las No Conformidades
U de Mann-Whitney	95,000
W de Wilcoxon	690,000
Z	-2,431
Sig. asintót. (bilateral)	,015
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,014 ^b

a. Variable de agrupación: Tipo de construcción

b. No corregidos para los empates.

Tabla 26. Variables Cualitativas Dicotómicas. Test de Mann-Whitney 2.

Rangos				
Tipo de Sector		N	Rango promedio	Suma de rangos
Coste de las No Conformidades	Privado	9	24,44	220,00
	Público	36	22,64	815,00
	Total	45		

Estadísticos de contraste ^a	
	Coste de las No Conformidades
U de Mann-Whitney	149,000
W de Wilcoxon	815,000
Z	-,369
Sig. asintót. (bilateral)	,712
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,727 ^b

a. Variable de agrupación: Tipo de Sector

b. No corregidos para los empates.

Tabla 27. Variables Cualitativas Dicotómicas. Test de Mann-Whitney 3.

Lo que debemos interpretar es la Sig. Asintótica (bilateral), que en nuestro caso vale 0.007, 0.015 y 0.712 según se extrae de las tablas 25, 26 y 27.

Lo que lleva a concluir que se rechaza la hipótesis nula de que “la media de Coste de las No Conformidades es similar en ambos grupos”; o lo que es alternativamente igual, “que existe una asociación estadísticamente significativa entre el Coste de las No Conformidades y el Número de Empresas)” y que de igual manera “que existe una asociación estadísticamente significativa entre el Coste de las No Conformidades y el Tipo de Construcción)”. Por el contrario no puede establecerse que existe una relación entre el Coste de las No Conformidades y el Tipo de Sector.

6.5.2.2. Variables Politémicas

El ANOVA tiene las mismas exigencias que la t de Student: requiere que la variable cuantitativa se distribuya según una Ley Normal en cada uno de los grupos a comparar, y además exige que las varianzas sean homogéneas.

Antes que nada debemos comprobar si se cumple el requisito de normalidad en la distribución de la variable cuantitativa en todos y cada uno de los estratos o grupos que establece la variable categórica.

Pruebas de normalidad ^b							
Participación		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coste de las No Conformidades		,236	31	,000	,728	31	,000
	100%						
	60-70%	,203	6	,200	,880	6	,269
	50-60%	,267	3		,951	3	,576
	40-50%	,259	4		,900	4	,430

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

b. Coste de las No Conformidades es una constante cuando Participación = 70-100% y se ha desestimado.

Tabla 28. Variables Cualitativas Politémicas. Prueba de Normalidad 1.

Pruebas de normalidad ^{a,d}							
Tipo de obra		Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coste de las No Conformidades	Viales	,345	6	,024	,765	6	,028
	Urbanismo	,189	8	,200	,936	8	,572
	Institucional	,370	8	,002	,641	8	,000
	Ferroviaria	,356	10	,001	,606	10	,000
	Hidráulica	,360	6	,015	,671	6	,003
	Marítima	,258	3		,960	3	,616
	Residencial	,260	2				

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Coste de las No Conformidades es una constante cuando Tipo de obra = Industrial y se ha desestimado.

b. Corrección de la significación de Lilliefors

d. Coste de las No Conformidades es una constante cuando Tipo de obra = Medio Ambiente y se ha desestimado.

Tabla 29. Variables Cualitativas Politémicas. Prueba de Normalidad 2.

Pruebas de normalidad							
Tipo de entidad		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Coste de las No Conformidades	Autonómica	,220	17	,028	,804	17	,002
	Estatal	,198	16	,095	,842	16	,011
	Internacional	,270	3		,949	3	,565
	Local	,313	9	,011	,596	9	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 30. Variables Cualitativas Politémicas. Prueba de Normalidad 3.

A la vista de los resultados no sería demasiado correcto aplicar un ANOVA, ya que la variable "Coste de las No Conformidades" no se distribuye como una Normal en los grupos de comparación. Al haberse detectado "problemas" con la normalidad de la variable en alguno de los grupos, lo correcto es recurrir a una prueba no paramétrica:

- Variable a contrastar → Coste de las No Conformidades
- Variable de agrupación → Participación, Tipo de Obra, Tipo de entidad.
- El tipo de prueba es por defecto el test de Kruskal-Wallis.

Primero un resumen de los estadísticos para cada variable incluida en el contraste.

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Coste de las No Conformidades	45	55434,18	66281,458	0	216700
Participación	45	,84	1,381	0	4
Tipo de obra	45	3,47	1,841	0	8
Tipo de entidad	45	1,09	1,125	0	3

Tabla 31. Variables Cualitativas Politémicas. Estadísticos descriptivos

Luego aparece la prueba de contraste, el test de Kruskal-Wallis, con los tamaños de muestra (N) y los rangos promedio para cada uno de los grupos a comparar.

Rangos			
Participación		N	Rango promedio
Coste de las No Conformidades	100%	31	19,48
	70-100%	1	20,00
	60-70%	6	29,17
	50-60%	3	27,67
	40-50%	4	38,25
	Total	45	

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Coste de las No Conformidades
Chi-cuadrado	9,381
gl	4
Sig. asintót.	,052

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Participación

Tabla 32. Variables Cualitativas Politémicas. Test de Kruskal-Wallis 1.



Rangos		
Tipo de obra	N	Rango promedio
Coste de las No Conformidades		
Industrial	1	31,00
Viales	6	24,33
Urbanismo	8	31,25
Institucionales	8	17,38
Ferroviaria	10	17,10
Hidráulica	6	26,17
Marítima	3	24,67
Residencial	2	32,00
Medio Ambiente	1	3,00
Total	45	

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Coste de las No Conformidades
Chi-cuadrado	10,744
gl	8
Sig. asintót.	,217

a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación: Tipo de obra

Tabla 33. Variables Cualitativas Politémicas. Test de Kruskal-Wallis 2.

Rangos		
Tipo de entidad	N	Rango promedio
Coste de las No Conformidades		
Autonómica	17	23,82
Estatal	16	24,06
Internacional	3	35,33
Local	9	15,44
Total	45	

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Coste de las No Conformidades
Chi-cuadrado	5,803
gl	3
Sig. asintót.	,122

a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación: Tipo de entidad

Tabla 34. Variables Cualitativas Politémicas. Test de Kruskal-Wallis 3.

Y después, en una segunda tabla, aparece el estadístico Chi-cuadrado, con sus grados de libertad (el número de grupos menos uno), y su significación estadística ($p > 0,05$). Llegamos a la misma conclusión en todas las variables de agrupación.

Con esto concluiríamos la evaluación, diciendo que “las variables Coste de las No Conformidades y las Variables de agrupación (Participación, Tipo de Obra, Tipo de entidad) no muestran asociación”; o que “se acepta la hipótesis nula de que las medias de Coste de las No Conformidades son iguales en los diferentes grupos de Participación, Tipo de Obra y Tipo de entidad”. En este caso no habría lugar a evaluar los contrastes a posteriori, por otra parte, si hubiésemos detectado diferencias hemos de aclarar que con este tipo de contrastes no paramétricos no es posible realizar contrastes a posteriori.

6.5.2.3. Interpretación de los resultados

- Existe una asociación estadísticamente significativa entre el Coste de las No Conformidades y el Número de Empresas (UTE o Única). El hecho que la obra esté adjudicada a una UTE o a la empresa estudio únicamente incide en el coste de las N.C. De hecho este estudio nos indica que las obras en UTE tienen muchas más N.C. y un mayor coste asociado; por el contrario hay muchas menos obras en UTE (14 de 45) y se registran muchas más N.C. (517 de 788).
- Existe una asociación estadísticamente significativa entre el Coste de las No Conformidades y el Tipo de Construcción (Obra Civil o Edificación).

Estas variables las vamos a incluir en el estudio, por ahora sólo tenemos la sospecha que existe una relación entre estas variables y el coste de las N.C

- No puede establecerse que existe una relación entre el Coste de las No Conformidades y el Tipo de Sector
- Las variables Coste de las No conformidades y Participación no presentan asociación o dicho de otra manera la Participación de la Empresa en la Obra no influye en el coste de las No Conformidades.
- Las variables Coste de las No conformidades y Tipo de Obra no presentan asociación.
- Las variables Coste de las No conformidades y Ámbito Geográfico no presentan asociación.

En lo que respecta a este estudio vamos a excluir esta variable.

6.5.3. Modelo de Predicción de Costes de No Conformidades

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables cuantitativas. Tanto en el caso de dos variables (regresión simple) como en el de más de dos variables (regresión

múltiple), el análisis regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente o criterio(Y) y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X1, X2, ..., Xp), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos.

6.5.3.1. Regresión lineal con variables cuantitativas

Partimos de los datos recogidos y pretendemos ajustar un modelo lineal del modo $CNC = B_0 + B_1 * NNC + B_2 * PAI + B_3 * PAF + B_4 * MTI + B_5 * PEI + B_6 * PER$. Es decir un modelo de regresión múltiple con seis variables independientes.

CNC → Coste de las No Conformidades
NNC → Número de No Conformidades
PAI → Presupuesto de Adjudicación Inicial
PAF → Presupuesto de Adjudicación actualizado
MTI → Margen de Tiempo para Iniciar los trabajos
PEI → Plazo de Ejecución Inicial por contrato
PER → Plazo de Ejecución Real

Lo primero es introducir el conjunto de datos en SPSS tenemos 7 variables y sobre las 6 variables numéricas vamos a realizar nuestro modelo. Para hacer modelos lineales con SPSS se accede al menú:

La variable dependiente será el Coste de las No Conformidades que se pretende explicar a partir de un conjunto de variables independientes que serán el Número De No Conformidades, el Presupuesto De Adjudicación Inicial, el Presupuesto De Adjudicación Actualizado, el Margen De Tiempo Para Iniciar Los Trabajos, el Plazo De Ejecución Inicial y el Plazo De Ejecución Real.

Cómo ya se había observado el Margen De Tiempo Para El Inicio De Los Trabajos tenía un coeficiente de correlación prácticamente nulo por lo que eliminamos esta variable en las variables independientes del modelo.

Los resultados obtenidos se ilustran en las siguientes tablas:

En la tabla 35 se listan los datos básicos de las variables introducidas en el modelo.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación típica	N
Coste de las No conformidades	55.434,178	66.281,458	45,000
Numero de no conformidades	17,511	30,039	45,000
Presupuesto de adjudicación inicial	15.007.017,237	21.819.935,759	45,000
Presupuesto de adjudicación actualizado	15.979.828,454	22.932.818,676	45,000
Plazo de ejecución inicial por contrato	15,467	10,262	45,000
Plazo de ejecución real final	19,200	12,387	45,000

Tabla 35. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Estadísticos descriptivos.

En la tabla 36 se observa que todas las variables han sido seleccionadas para el modelo.

Variables introducidas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Numero de no conformidades Presupuesto de adjudicación inicial Presupuesto de adjudicación actualizado Plazo de ejecución inicial por contrato Plazo de ejecución real final		Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 36. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Variables eliminadas.

A partir de los resultados de la tabla 37 se observa que el modelo es bastante bueno, tenemos un coeficiente de determinación r cuadrado muy próximo a 1 que es el mejor de los casos aunque la dispersión es bastante alta, además los residuos no están autocorrelados como indica el estadístico de Durbin Watson ya que en valores próximos a 2 son los más óptimos (suele asumirse que los residuos son independientes si el estadístico de D-W está entre 1'5 y 2'5).

Resumen del modelo ^b					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,866 ^a	,750	,718	35.179,767	2,222

a. Variables predictoras: (Constante), Plazo de ejecución real final, Numero de no conformidades, Presupuesto de adjudicación inicial, Plazo de ejecución inicial por contrato, Presupuesto de adjudicación actualizado

b. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 37. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Resumen del modelo

En siguiente lugar, obtenemos la tabla 38 en la que aparecen los coeficientes de la ecuación predictiva. Ésta se forma a partir de los coeficientes no estandarizados (B) cuando los valores de las dos variables tienen la misma escala. En el caso contrario deberemos elegir los coeficientes Beta.

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
		B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV
1	(Constante)	4768,286	10065,878		,474	,638		
	Numero de no conformidades	618,355	251,286	,280	2,461	,018	,494	2,026
	Presupuesto de adjudicación inicial	-,005	,002	-1,756	-2,577	,014	,014	72,503
	Presupuesto de adjudicación actualizado	,006	,002	2,198	3,115	,003	,013	77,771
	Plazo de ejecución inicial por contrato	-1685,809	1123,587	-,261	-1,500	,142	,212	4,726
	Plazo de ejecución real final	2314,909	924,296	,433	2,505	,017	,215	4,660

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 38. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Coeficientes de la ecuación predictiva

En esta tabla 38 ya tenemos el modelo de predicción, pero podemos observar también las variables Presupuesto De Adjudicación Inicial, el Presupuesto De Adjudicación Actualizado, el Plazo De Ejecución Inicial y el Plazo De Ejecución Real presentan un FIV elevado (factor de inflación de la varianza), parecen estar afectadas por una cierta multicolinealidad.

Si se analiza la tabla 39 se puede observar en los casos en los que el índice de condición es elevado ($t=10,638$ y $t=32,663$) que las variables Plazo de ejecución inicial por contrato y Plazo de ejecución real por un lado y Presupuesto de adjudicación inicial y Presupuesto de ejecución real por otro están afectadas por multicolinealidad ya que son las que mayor proporción de varianza tienen asociada al número de condición.

Diagnósticos de colinealidad ^a									
Modelo	Autovalores	Índice de condición	Proporciones de la varianza						
			(Constante)	Número de no conformidades	Presupuesto de adjudicación inicial	Presupuesto de adjudicación actualizado	Plazo de ejecución inicial por contrato	Plazo de ejecución real final	
1	4,690	1,000	,01	,01	,00	,00	,00	,00	,00
2	,785	2,445	,11	,07	,00	,00	,01	,01	,01
3	,309	3,897	,00	,83	,01	,00	,00	,00	,00
4	,171	5,242	,88	,01	,00	,00	,08	,08	,08
5	,041	10,638	,00	,00	,00	,00	,76	,72	,72
6	,004	32,663	,01	,08	,99	,99	,15	,20	,20

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 39. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Diagnósticos de colinealidad

La multicolinealidad puede atenuarse si se eliminan las variables regresoras que son más afectadas por la multicolinealidad. Podría anticiparse este resultado ya que las obras con un presupuesto inicial más elevado serán en general también las que tengan mayor presupuesto final, lo mismo ocurre en el caso de los plazos de ejecución inicial y real. Por consiguiente eliminamos las variables Presupuesto De Ejecución Real Actualizado y Plazo De Ejecución Real y las sustituimos por las variables Desviación de Presupuesto y Desviación de Plazo.

Realizamos de nuevo el análisis de regresión lineal y se obtienen los siguientes resultados.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación típica	N
Coste de las No conformidades	55434,17778	66281,458115	45
Número de no conformidades	17,51111	30,039082	45
Presupuesto de adjudicación inicial	15007017,23689	21819935,759020	45
Desviación de presupuesto	972811,2167	3126818,24452	45
Plazo de ejecución inicial por contrato	15,46667	10,261579	45
Desviación de plazo	3,7333	6,30800	45

Tabla 40. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Estadísticos descriptivos (bis).

Variables introducidas/eliminadas^a

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Desviación de plazo, Plazo de ejecución inicial por contrato, Desviación de presupuesto, Numero de no conformidades, Presupuesto de adjudicación inicial ^b		Introducir

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Tabla 41. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Variables eliminadas (bis).

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	.866 ^a	.750	.718	35179,766847	2,222

a. Variables predictoras: (Constante), Desviación de plazo, Plazo de ejecución inicial por contrato, Desviación de presupuesto, Numero de no conformidades, Presupuesto de adjudicación inicial

b. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 42. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Resumen del modelo (bis).

A partir de los resultados se observa igual que antes que el modelo es bastante bueno, tenemos un coeficiente de determinación r cuadrado muy próximo a 1 que es el mejor de los casos aunque la dispersión es bastante alta, además los residuos no están autocorrelados como indica el estadístico de Durbin Watson.

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
		B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV
1	(Constante)	4768,286	10065,878		.474	.638		
	Numero de no conformidades	618,355	251,286	.280	2,461	.018	.494	2,026
	Presupuesto de adjudicación inicial	.001	.000	.335	2,919	.006	.485	2,061
	Desviación de presupuesto	.006	.002	.300	3,115	.003	.692	1,446
	Plazo de ejecución inicial por contrato	629,099	642,364	.097	.979	.333	.647	1,545
	Desviación de plazo	2314,909	924,296	.220	2,505	.017	.827	1,209

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 43. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Coeficientes de la ecuación predictiva (bis)

En esta tabla 43 ya tenemos el modelo de predicción, y ahora podemos observar que las variables presentan un FIV (factor de inflación de la varianza) mucho más bajo y al parecer no están afectadas por multicolinealidad como se puede observar en la tabla 44.

Diagnósticos de colinealidad^a

Modelo		Autovalores	Índice de condición	Proporciones de la varianza					
				(Constante)	Numero de no conformidades	Presupuesto de adjudicación inicial	Desviación de presupuesto	Plazo de ejecución inicial por contrato	Desviación de plazo
1	1	3,640	1,000	.01	.02	.02	.02	.01	.02
	2	.887	2,026	.01	.01	.03	.32	.02	.23
	3	.755	2,195	.09	.12	.04	.14	.01	.19
	4	.361	3,174	.13	.05	.15	.44	.03	.52
	5	.231	3,970	.02	.81	.59	.09	.01	.02
	6	.125	5,401	.73	.00	.16	.00	.32	.03

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 44. Regresión Lineal con variables Cuantitativas. Diagnósticos de colinealidad (bis)

$CNC = 4.768,286 + 618.355 * \text{Número de No Conformidades}$
 $+ 0,001 * \text{Presupuesto de adjudicación inicial}$
 $+ 0,006 * \text{Desviación de presupuesto}$
 $+ 629,099 * \text{Plazo de ejecución inicial por contrato}$
 $+ 2.314,909 * \text{Desviación de plazo.}$

6.5.3.2. Regresión lineal con variables cualitativas

Aunque el modelo de regresión lineal parece indicado cuando la naturaleza de las variables sean cuantitativas, no obstante es fácilmente demostrable que no es problema alguno operar con variables independientes cualitativas.

Primeramente habremos de efectuar una cierta modificación sobre la variable independiente en el sentido de someterla a una cierta codificación, la codificación dummy, o en español, ficticia, de forma tal que sea susceptible de ser tratada con la regresión lineal. Se trata de codificar una categoría como 0 (ausencia de un determinado rasgo) y 1 la otra categoría (presencia de ese rasgo).

En el caso que una variables disponga de más de una categoría la solución consiste en generar tantas variables independientes como categorías haya en el factor, y a continuación codificar cada una de estas variables con “ceros” y “unos” según la categoría a la que pertenezca los distintos sujetos. Es importante generar un número de variables equivalente al total de categorías menos uno ya que una variable (cualquiera de ellas) que queda explicada por las otras, con lo que nos encontraremos con un problema de colinealidad, con matrices singulares y sin posible solución.

Tal y como vimos anteriormente en el estudio de las relaciones entre variables cualitativas y la variable cuantitativa dependiente Coste de No Conformidades se concluyó que las variables de agrupación: Número de Empresas y Tipo de Construcción presentaban asociación, no siendo así con las variables Participación, Tipo de sector, Tipo de Obra y Tipo de Entidad.

En el análisis de regresión lineal vamos a introducir únicamente las primeras, descartando las que no presentan asociación.

La variable dependiente será el Coste de las No Conformidades que se pretende explicar a partir de un conjunto de variables independientes que serán Número de Empresas (UTE, Única) y Tipo de construcción (Obra Civil, Edificación).

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
C_NCONFORMIDADES	55434,1778	66281,45811	45
EMPRESA	,6889	,46818	45
TIPO_CONS	,7556	,43461	45

Tabla 45. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Estadísticos descriptivos

Correlaciones

		C_NCONFOR MIDADES	EMPRESA	TIPO_CONS
Correlación de Pearson	C_NCONFORMIDADES	1,000	-,474	-,287
	EMPRESA	-,474	1,000	,065
	TIPO_CONS	-,287	,065	1,000
Sig. (unilateral)	C_NCONFORMIDADES	.	,000	,028
	EMPRESA	,000	.	,337
	TIPO_CONS	,028	,337	.
N	C_NCONFORMIDADES	45	45	45
	EMPRESA	45	45	45
	TIPO_CONS	45	45	45

Tabla 46. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Correlaciones

Variables introducidas/eliminadas^a

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	EMPRESA		Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar ≤ , 050, Prob. de F para salir ≥ ,100).

a. Variable dependiente: C_NCONFORMIDADES

Tabla 47. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Variables introducidas/eliminadas

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,474 ^a	,225	,207	59022,01565	2,123

a. Variables predictoras: (Constante), EMPRESA

b. Variable dependiente: C_NCONFORMIDADES

Tabla 48. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Resumen del modelo

A partir de los resultados se observa que el modelo no se ajusta demasiado y no es muy bueno, tenemos un coeficiente de determinación r^2 cuadrado muy alejado de 1 que es el mejor de los casos además la dispersión es

bastante alta por último los residuos no están autocorrelados como indica el estadístico de Durbin Watson

Variables excluidas^a

Modelo	Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad		
					Tolerancia	FIV	Tolerancia mínima
1 TIPO_CONS	-,257 ^b	-1,975	,055	-,292	,996	1,004	,996

a. Variable dependiente: C_NCONFORMIDADES

b. Variables predictoras en el modelo: (Constante), EMPRESA

Tabla 49. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Variables excluidas

En la tabla 49 se pueden observar datos relativos a la variables excluida Tipo_Construcción que aportaba una significancia $p > 0,05$

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	43507466080	1	43507466080	12,489	,001 ^b
Residual	1,498E+11	43	3483598332		
Total	1,933E+11	44			

a. Variable dependiente: C_NCONFORMIDADES

b. Variables predictoras: (Constante), EMPRESA

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Estadísticos de colinealidad	
		B	Error tip.				Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	FIV
1	(Constante)	101703,429	15774,297		6,447	,000	69891,526	133515,331		
	EMPRESA	-67165,041	19005,331	-,474	-3,534	,001	-105492,943	-28837,139	1,000	1,000

a. Variable dependiente: C_NCONFORMIDADES

Tabla 50. Regresión Lineal con variables Cualitativas. Coeficientes de la ecuación predictiva

En esta tabla 50 ya tenemos el modelo de predicción, y ahora podemos observar que la regresión se convierte en una regresión simple con una constante y un coeficiente. Se concluye que en las obras en las que la empresa es el único contratista se prevé un menor coste de No Conformidades.

$$\text{CNC} = 101.703,429 - 67.165,041 * \text{Empresa} \{1=\text{Única}; 0=\text{UTE}\}$$

Esta ecuación indica que las obras adjudicadas a la empresa estudio tienen una previsión de coste inferior a las obras adjudicadas en UTE, dato relevante que ya se apreció en la interpretación de las correlaciones entre el coste de las N.C. y la variable cualitativa Empresa (Única o UTE).

6.5.3.3. Regresión lineal con variables cuantitativas y cualitativas, obtención del modelo predictivo.

Como la aproximación de un modelo predictivo de costes en función de los datos de los que se disponen (variables cuantitativas y cualitativas) tiene sentido previo a conocer variables como el presupuesto de ejecución

actualizado y el plazo de ejecución real, así como las desviaciones de presupuesto y plazo vamos a incluir en nuestro modelo únicamente las siguientes variables:

- Variable dependiente → Coste de las No Conformidades
- Variables independientes → Número de no conformidades, Presupuesto de Adjudicación Inicial, Plazo de ejecución Inicial, Tipo de Empresa, participación en la UTE.

Las variables excluidas son bien por motivos de no asociación, o por ser variables que a priori no se conocerían. Además dentro de las categorías de la variable participación encontramos el grupo participación 100% que es el mismo que única de la variable tipo de empresa. Excluiremos la variable tipo de empresa.

En la tabla 51 se listan los datos básicos de las variables introducidas en el modelo

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
Coste de las No conformidades	55434,17778		45
Numero de no conformidades	17,51111	30,039082	45
Presupuesto de adjudicación inicial			45
Plazo de ejecución inicial por contrato	15,46667	10,261579	45
TIPO_CONS	,7556	,43461	45
P 70_100	,0222	,14907	45
P 60_70	,1333	,34378	45
P 50_60	,0667	,25226	45
Tipo de empresa	,6889	,46818	45

Tabla 51. Modelo predictivo. Estadísticos descriptivos.

En la tabla 52 se observa que todas las variables han sido seleccionadas para el modelo.

Variables introducidas/eliminadas^a

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Tipo de empresa, TIPO_CONS, P 70_100, P 50_60, Numero de no conformidades, Plazo de ejecución inicial por contrato, P 60_70, Presupuesto de adjudicación inicial ^b		Introducir

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Tabla 52. Modelo predictivo. Variables introducidas/eliminadas.

A partir de los resultados de la tabla 53 se observa que el modelo es bastante bueno, tenemos un coeficiente de determinación r cuadrado muy próximo a 1 que es el mejor de los casos aunque la dispersión es bastante alta, además los residuos no están autocorrelados como indica el estadístico de Durbin Watson (suele asumirse que los residuos son independientes si el estadístico de D-W está entre 1'5 y 2'5).

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,808 ^a	,652	,575	43196,82887	1,609

a. Variables predictoras: (Constante), Tipo de empresa, TIPO_CONS, P 70_100, P 50_60, Numero de no conformidades, Plazo de ejecución inicial por contrato, P 60_70, Presupuesto de adjudicación inicial

b. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 53. Modelo predictivo. Ajuste del Modelo.

Coefficientes^a

Modelo	Coefficients no estandarizados		Coefficients tipificados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
	B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV
1 (Constante)	52134,441	37325,568		1,397	,171		
Numero de no conformidades	925,284	300,340	,419	3,081	,004	,521	1,919
Presupuesto de adjudicación inicial	,002	,001	,497	2,722	,010	,290	3,447
Plazo de ejecución inicial por contrato	276,295	917,757	,043	,301	,765	,478	2,091
TIPO_CONS	-8604,335	16481,111	-,056	-,522	,605	,827	1,210
P 70_100	-36555,021	50662,659	-,082	-,722	,475	,744	1,345
P 60_70	-76547,059	30099,556	-,397	-2,543	,015	,396	2,525
P 50_60	-27266,254	34358,689	-,104	-,794	,433	,565	1,771
Tipo de empresa	-29725,176	28635,808	-,210	-1,038	,306	,236	4,238

a. Variable dependiente: Coste de las No conformidades

Tabla 54. Modelo predictivo. Coeficientes de la ecuación predictiva.

CNC=52134,441
+925,284*Número de No Conformidades
+0,002*Presupuesto de adjudicación Inicial
+276,295*Plazo de ejecución inicial
-8604,335*(0=Obras Públicas; 1=Edificación)
-36555,021* (1=Participación 70-100%)
-76547,059* (1=Participación 60-70%)
-27266,254* (1=Participación 50-60%)
-29725,176* (1=Unica; 0=UTE)

Introduciendo la ecuación en la tabla de datos de las obras se obtiene un resultado que es fácil de contrastar si lo agrupamos en la tabla 55.

Obtenemos un resultado que predice un importe de las N.C. en una obra en función de su presupuesto de adjudicación inicial, su plazo, de si es una edificación o una obra pública; de si es una UTE o la empresa estudio únicamente y su participación de la UTE.

Si analizamos las desviaciones más importantes entre el valor del modelo de predicción y el valor real, se detectan en los siguientes casos y por los siguientes motivos.

En la obra 3 el valor esperado es inferior al real puesto que a pesar que el número de N.C. es bastante pequeño (10 N.C.) se registran tres N.C. cuyo importe es muy alto.

En la obra 9 el valor esperado es inferior al real puesto que se registra una no conformidad de valor 109.205 €

En la obra 36 el valor esperado es superior al real puesto que a priori con el presupuesto inicial de la obra cabría esperar un coste de N.C.mayor.

En la obra 30 valor esperado es superior al real puesto cabría esperar que siendo la obra con mayor presupuesto debería ser de las que mayor coste asociado a las N.C. tuviese.

Clave Obra	Número de N.C.	Importe de adjudicación	Plazo	Empresas	Participación	Importe de No Conform.	Importe Modelo Predictivo
OBRA 1	5,00	3.279.226,00	12	ÚNICA	100%	49.350,00	35.299,58
OBRA 2	25,00	14.704.776,95	24	ÚNICA	100%	113.140,00	74.361,96
OBRA 3	10,00	22.481.719,16	14	ÚNICA	100%	216.700,00	69.455,15
OBRA 4	5,00	3.188.704,03	30	UTE	60-40	6.540,00	6.685,60
OBRA 5	180,00	59.793.139,66	32	UTE	60-40	214.700,00	241.207,87
OBRA 6	10,00	5.242.207,92	20	ÚNICA	100%	49.750,00	45.098,50
OBRA 7	62,00	38.432.402,72	39	UTE	50-50	168.005,00	178.272,07
OBRA 8	37,00	31.571.428,57	34	UTE	40-30-30	104.565,00	143.405,28
OBRA 9	16,00	22.966.342,47	20	UTE	50-30-20	194.035,00	107.121,10
OBRA 10	2,00	16.811.984,79	17	UTE	70-30	0,00	7.504,25
OBRA 11	4,00	1.345.173,09	7	ÚNICA	100%	507,00	30.074,33
OBRA 12	11,00	4.246.378,13	8	ÚNICA	100%	7.454,00	41.205,54
OBRA 13	21,00	30.315.393,33	21	UTE	52,5-47,5	170.418,00	95.847,28
OBRA 14	54,00	13.251.093,38	22	ÚNICA	100%	130.955,00	98.449,01
OBRA 15	5,00	3.688.461,77	11	ÚNICA	100%	1.355,00	35.640,82
OBRA 16	8,00	6.485.654,45	35	ÚNICA	100%	18.772,00	49.268,71
OBRA 17	17,00	46.697.606,33	36	UTE	57,5-42,5	53.424,00	121.011,33
OBRA 18	79,00	88.069.676,41	25	UTE	63,5-36,5	208.780,00	188.489,37
OBRA 19	14,00	6.600.085,80	9	ÚNICA	100%	32.935,00	47.809,43
OBRA 20	38,00	35.618.618,35	18	UTE	50-40-10	90.940,00	146.017,05
OBRA 21	5,00	3.000.000,00	5	ÚNICA	100%	18.601,00	32.944,16
OBRA 22	3,00	2.368.060,06	14	UTE	60-40	2.251,00	35.085,57
OBRA 23	11,00	6.290.000,00	11	ÚNICA	100%	35.752,00	45.118,25
OBRA 24	3,00	957.323,06	5	ÚNICA	100%	0,00	28.011,19
OBRA 25	28,00	9.824.652,27	6	ÚNICA	100%	81.636,00	64.800,40
OBRA 26	11,00	1.839.145,29	5	ÚNICA	100%	70.875,00	36.744,14
OBRA 27	3,00	2.591.941,41	5	ÚNICA	100%	4.905,00	30.477,83
OBRA 28	2,00	2.412.691,21	5	ÚNICA	100%	7.570,00	29.282,06
OBRA 29	5,00	18.688.241,38	18	ÚNICA	100%	750,00	60.209,55
OBRA 30	33,00	85.869.758,73	22	UTE	60-40	86.015,00	141.777,72
OBRA 31	1,00	188.739,74	3	ÚNICA	100%	0,00	24.448,24
OBRA 32	2,00	111.479,68	2	ÚNICA	100%	1.923,00	24.980,65
OBRA 33	4,00	4.207.556,56	22	ÚNICA	100%	20.680,00	38.538,09
OBRA 34	6,00	2.542.786,33	19	ÚNICA	100%	27.510,00	37.047,64
OBRA 35	3,00	1.944.280,68	24	UTE	75-25	19.315,00	27.920,27
OBRA 36	5,00	702.280,78	9	ÚNICA	100%	457,00	30.582,08
OBRA 37	6,00	1.095.359,63	4	ÚNICA	100%	38.495,00	30.719,05
OBRA 38	5,00	2.828.665,73	20	ÚNICA	100%	37.260,00	36.830,04
OBRA 39	1,00	425.064,20	4	ÚNICA	100%	0,00	25.081,15
OBRA 40	5,00	1.485.518,93	7	ÚNICA	100%	8.090,00	31.211,40
OBRA 41	10,00	12.374.750,24	11	ÚNICA	100%	67.655,00	53.374,85
OBRA 42	2,00	797.549,94	7	ÚNICA	100%	0,00	27.397,40
OBRA 43	9,00	3.526.882,64	10	ÚNICA	100%	26.430,00	38.821,84
OBRA 44	1,00	249.084,71	1	ÚNICA	100%	1.183,00	23.986,71
OBRA 45	21,00	54.203.889,15	23	UTE	70-30	104.860,00	83.166,81

Tabla 55. Modelo predictivo. Tabla de resultados



7. CONCLUSIONES.

A continuación se presentan las principales conclusiones a las que se ha llegado en este trabajo. Dado que para los distintos apartados que componen el estudio se han planteado interpretaciones previas, a continuación se van a presentar aquellas aportaciones que se quiere destacar de la presente investigación, siguiendo el orden de desarrollo del trabajo y que permite una consecución de las conclusiones obtenidas.

La medición de los costes de la calidad debería ser parte de cualquier programa de gestión de calidad. La metodología está bien documentada y los programas de costes de la calidad suministran un buen método para la identificación y la medición de los mismos, permitiendo una acción centrada para reducirlos.

No existen no conformidades sin coste alguno, únicamente no se valoran, el hecho de no valorarlas, bien por falta de método o por omisión de responsabilidad, incurre en una situación de freno a un proceso de mejora continua.

Los costes de no calidad incurren sobre todo en un incremento de coste de ejecución de cualquier proyecto de construcción, bien sea como incremento de coste directo, de coste de reparación, de coste indirecto (por incremento de recursos para solucionar el problema) y de coste indirecto (por incremento de plazo de finalización).

Asimismo la cuantificación de los costes de la no calidad, sus orígenes y su carácter causal (las causas más probables de no conformidades pueden estar relacionadas con el tipo de obra, el tipo de sector y el ámbito geográfico) suponen una herramienta imprescindible en el proceso de mejora continua ya que indica zonas de alto impacto como fuentes potenciales de reducción de costes.

Falta mejorar la documentación de soporte de las No Conformidades para que sirvan como herramienta de mejora. La valoración económica de las no conformidades es una práctica que se debe realizar de manera sistemática. Por el contrario ésta no se realiza o simplemente se realiza cuando la acción correctiva se repercute directamente sobre el coste directo de ejecución de un proyecto. Se encuentra una carencia fundamental en la valoración de los costes de no calidad al no tener incluidos los costes derivados de procesos tales como "rework", reinspección, incremento de recursos para reducir el incremento de plazo derivado y las penalizaciones por producto que no cumple con los requerimientos de calidad.

Tal y como ya habían expuesto otros autores se extrae a partir de este estudio que existe una relación lineal directa entre el coste de no calidad y el presupuesto de la obra.

No se puede asegurar a partir de este estudio que exista en la empresa un factor cualitativo que predomine sobre los demás en la aparición de no conformidades o su importe total. En general no se distingue diferencia sustancial por tipo de obra, cliente, ámbito o contratación; de otra forma hubiera sido interesante obtener datos de las obras en cuanto variables como el riesgo asumido en la baja de contratación, el tipo de contrato asociado a la obra, la suficiencia del equipo de obra etc. Pero resultaba imposible reunir una muestra significativa para poder obtener un dato fiable.

Es necesario una muestra mucho más amplia para ajustar un modelo predictivo de costes de No Conformidades en base a unas variables conocidas antes del inicio de una obra. En este estudio se puede intuir a pesar que la muestra es pequeña y no proporcional en todas sus variables que el ajuste a un modelo predictivo a través de la regresión lineal multivariante es muy interesante pues nos da una estimación del los costes de las N.C. en relación a diferentes variables de cada obra.

Este modelo proporcionaría una herramienta útil a la hora de predecir el comportamiento de los costes de no calidad en las obras. De esta manera la confluencia de diversos factores a priori conocidos generan una situación de posible reducción de costes de no calidad atendiendo a la vigilancia de las causas más probables en la aparición de N.C.

8. ANEJOS